TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA
DOS ALUNOS DO I.S.T.

N.º 185 - Julho - 1948

CIMENTO

SECIL

Fabricado pelos mais modernos processos e preferido para todos os trabalhos de responsabilidade.
Sacos de papel ou de juta com 50 Kg.
Barricas de 180 Kg.

S E C I L

COMPANHIA GERAL DE CAL E CIMENTO
RUA DO COMÉRCIO, 56, 3.º
LISBOA

SOCIEDADE INDUSTRIAL METALURGICA

Responsabilidade Limitada
(REGISTADO)

SERRALHARIAS,
CALDEIRARIA,
FERRARIA,
FUNDIÇÕES

ESCRITÓRIO
Rua de S. Tiago, 13
LISBOA
Telefone 26572

CIMENTO TEJO

FÁBRICA EM ALHANDRA

A instalação mais moderna do País. Dois fornos rotativos em laboração. — O "CIMENTO TEJO" marca pelas suas altas resistências e regularidade, garantidas pela fiscalização contínua de todas as fases do fabrico, exercida por técnicos portugueses especializados.

Pedidos à Companhia "CIMENTO TEJO"

SEDE EM LISBOA
RUA DA VITÓRIA, 88, 2.º

FILIAL NO NORTE
AV. DOS ALIADOS, 20, 3.º
PORTO

NÚMERO
185
Julho — 1948

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA
DOS
ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Redacção e Administração: AV. ROVISCO PAIS, IST / LISBOA-N. / TEL. 70144 (linha 50)

DIRECTOR
FERNANDO JÁCOME DE CASTRO

ADMINISTRADOR
HENRIQUE ESTÁCIO MARQUES

BIBLIOTECÁRIO
JAIME ORNELAS CAMACHO

SECRETÁRIO
JOSÉ MARIA AVILLEZ
A. ACCIAIOLLI

NÚMERO AVULSO 7$50

ASSINATURAS:

	3 N.os	6 N.os	12 N.os
Continente e Ilhas	21$00	40$00	75$00
Colónias Portuguesas e Estrangeiro	—	45$00	80$00

EDITOR E PROPRIETARIO
ASS. DOS ESTUD. DO I. S. T.

COMPOSTO E IMPRESSO
NA
Tip. JORGE FERNANDES, L.da
RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

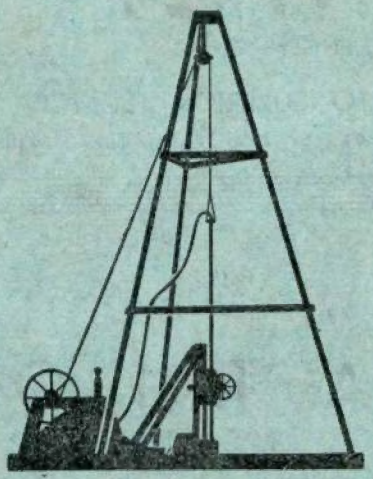
SUMÁRIO

CAPA — Vista nocturna do recinto da Exposição das Obras Públicas

		Págs.
O Laboratório Químico na Indústria Metalúrgica	Eng.º A. M. da Paixão	1041
Breves notas sobre a organização do Laboratório Químico-Industrial	Eng.º Vergílio Rui Teixeira Lopo	1052
Extracção	Eng.º Luís A. de Almeida Alves	1061
O ar controlado — Novo elemento constituinte do betão	José Manuel de Oliveira Nunes e Adalberto Augusto de Portugal	1083
A Exposição de Obras Públicas		1096
Biblioteca		1102

OS ARTIGOS PUBLICADOS NESTA REVISTA SÃO DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDADE DOS AUTORES

SONDAGENS RODIO, Limitada



RODIO

Sondagens geológicas, estudo da resistência e permeabilidade de terrenos; laboratório geotécnico

Pesquisas de água.

Consolidação e impermeabilização de terrenos e de obras por meio de injecções de cimento, produtos químicos, argila activada, emulsão betuminosa Shellperm, etc.

Estacas de betão armado, sistema **Ródio** moldadas no solo sem trepidações.

Rebocos comprimidos por «**cement gun**»

Fundações em terrenos difíceis quer por congelação artificial, quer por abaixamento do lençol de água.

As melhores referências no país e no estrangeiro

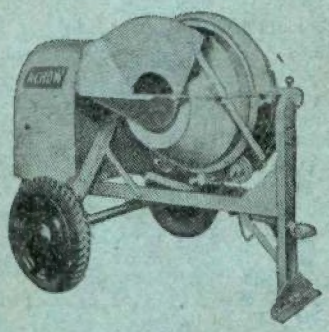
Sócio gerente residente em Portugal:
Walter Weyermann, Eng. civil

R. S. Mamede ao Caldas, 22, 3.º — LISBOA

Tel. 2 8685

ACROW

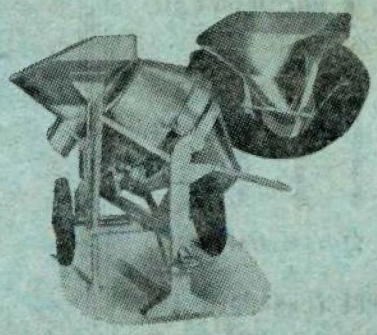
150 LITROS



As únicas betoneiras de 150 litros, equipadas com tremonha doseadora de materiais, permitindo trabalho contínuo, isto é o s/**rendimento aumentado em 50 %**; chassis montados sobre molas e rodado sobre pneus, permitindo **a mais fácil deslocação.**

MOTORES

A GASOLINA



Entrega imediata, no armazém do representante exclusivo para Portugal

Telef. 2 2001 / 2 6633

Henry M. F. Hatherly, Ltd.ª

Rua do Comércio, 8-5.º — LISBOA

E. PINTO BASTO & C.ª, L.DA

SECÇÃO TÉCNICA
LISBOA

BOMBAS

Para Instalações Industriais, Irrigação, Docas, Sanidade. etc.
Bombas para Gasolina, Óleos e Líquidos Viscosos
Grupos Moto-Bombas
Electro-Bombas
Bombas de Trasfega e de Lubrificação Forçada

EQUIPAMENTO INDUSTRIAL

Moinhos para Produtos Agrícolas e Industriais
Máquinas para a Indústria de Tintas e Vernizes
Instalações para Ventilação e Acondicionamento do Ar
Filtros «Stream-Line» para Regeneração de Óleos Usados

MATERIAL DE EMPREITEIRO

Betoneiras Manuais e Mecânicas
Doseadores
Escavadoras
Garras «Priestman»
Transportadores
Bate-Estacas Manuais e Mecânicos
Quebra-Beton, Manuais
Instalações de Betonagem
Cilindros Diesel
Cilindros Vibratórios
Vibradores para Estrada
Espalhadores de Beton
Espalhadores de Asfalto
Niveladoras
Guindastes Automóveis de várias potências

EQUIPAMENTO DE BORDO

Grupos Auxiliares
Molinetes
Guinchos de Carga e de Arrasto
Cabrestantes
Máquinas de Leme
Linhas de Veios Completos
Cabos de Aço «British Ropes»
Ancoras e Amarras
Chapa «Muntz — 3 Corôas» para forro de navios, prego e feltro

MATERIAL ELÉCTRICO

Motores Eléctricos
Arrancadores
Dínamos e Alternadores
Transformadores
Grupos Electrogénios
Postos de Soldadura e Electrodos
Cabos Eléctricos de todos os tipos

MATERIAL PARA TRANSPORTES

Chassis Diesel para Carga ou Passageiros
Auto-Carros Completos
Trolleybuses
Unidades «Tractor-Atrelado» «Scammell» para todos os fins
Veículos para todos os Empregos Municipais
Pequenos Tractores e Atrelados para Oficinas, Armazens ou Cais
Carretas a Motor ou Baterias

MOTORES MARÍTIMOS E INDUSTRIAIS

«Bolinder» 8 a 120 B. H. P., «Cub» 6 a 11 B. H. P., «McLaren» 40 a 150 B. H. P., «Petter-Fielding» 19 a 80 B. H. P., «Petter SS» 192 a 576 B. H. P., «Mirrlees» 125 a 1440 B. H. P.

RADIO - ELECTRICIDADE

Emissores, Receptores, Rádio-goniómetros, radio-farois, etc. Aparelhagem completa para comunicações rádio-eléctricas. Equipamentos para laboratório de rádio-electricidade. Aparelhos electro-medicinais, etc.

REPRESENTANTES DOS PRINCIPAIS FABRICANTES INGLESES

KENDALL, PINTO BASTO & C.ª, L.DA — PORTO

STAND DE EXPOSIÇÕES: TRAVESSA DOS REMOLARES, 5, LISBOA

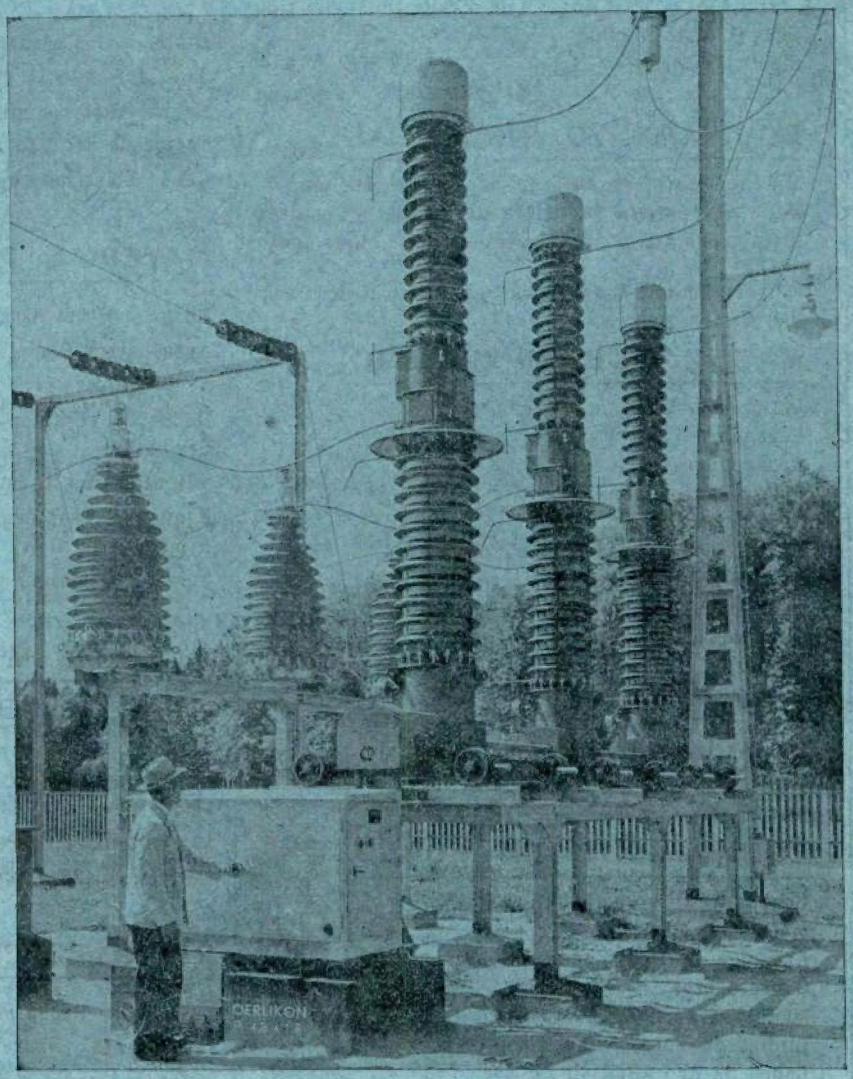
OERLIKON

Máquinas e aparelhos eléctricos de todo o género para a produção, distribuição e utilização da energia eléctrica

Representante Geral para Portugal e Colónias

P. BELLASI

Porto // Rua Sá da Bandeira, 494, 3.° // Telefone 21968



Interruptor extra-rápido de pequeno volume de óleo, tensão de serviço 150.000 V. potência de ruptura 2.500.000 kVA, com dispositivo de reengate automático e com transformadores de intensidade separados. Estes últimos podem ser montados no interior do mesmo interruptor.

ATELIERS DE CONSTRUCTION OERLIKON
ZURICH-OERLIKON (SUIÇA)

WILD

APARELHOS DE ALTO RENDIMENTO PARA
TOPOGRAFIA GEODESIA FOTOGRAMETRIA

EFICIÊNCIA **ROBUSTEZ**

COMPROVADAS POR MUITAS CENTENAS DE INSTRUMENTOS

vendidos em Portugal e Colónias, a maior parte dos quais ainda em serviço após anos de trabalho intensivo

Nível pequeno **N I**
» médio **N II**
» de precisão **N III**

Teodolito-bússola **T O**
» repetidor **T 1**
» universal **T 2**
» de precisão **T 3**
» astronómico **T 4**

Alidade com prancheta
Estádia de invar
Telémetros

Foto-teodolito
Câmaras fotográficas
Restituidores

Goniómetros e outros instrumentos topográficos militares

Nível WILD II
com ou sem limbo horizontal
360° ou 400 gr.

NOS NOSSOS ESCRITÓRIOS ESTAO À DISPOSIÇÃO DOS INTERESSADOS AS LISTAS DOS COMPRADORES

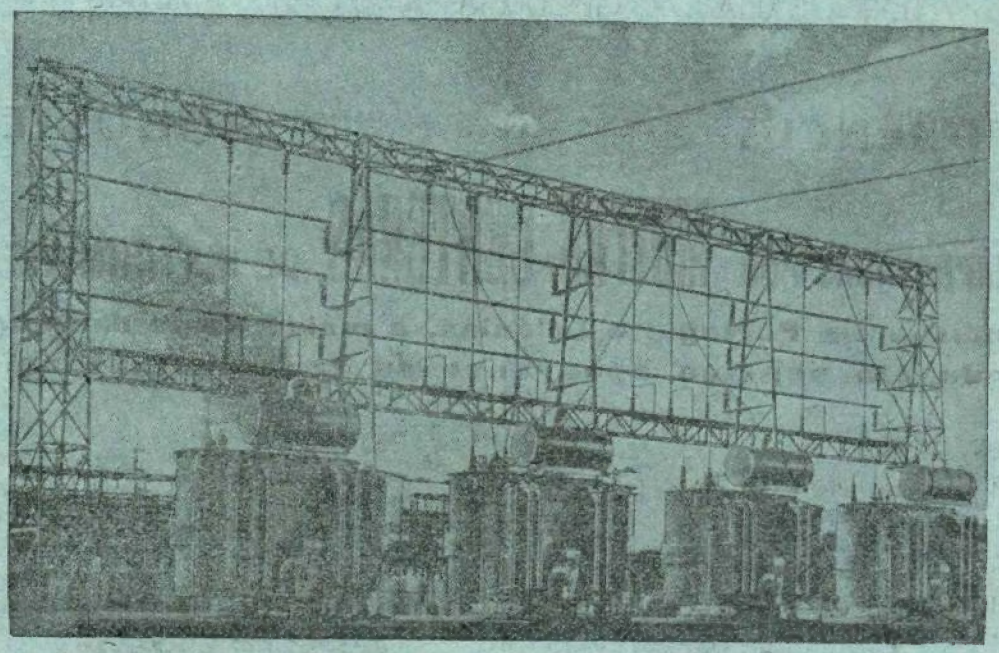
Representantes e Depositários

PIMENTEL & CASQUILHO, L.DA
R. EUGÉNIO DOS SANTOS, 75 TELEF. 2 4314/15 LISBOA

WILD
HEERBRUGG

GENERAL ELECTRIC

Schenectady, N. Y.



Sub-estação ao ar livre de 25.000 kVA, 220.000 volts

Motores e dínamos. Alternadores. Transformadores. Aparelhos para alta e baixa tensão Centrais termo e hidroeléctricas. Instalações para melhorar o factor potência. Tracção eléctrica. Máquinas, Transformadores e Electrodos para soldadura eléctrica. Fornos eléctricos. Automotoras eléctricas e Diesel-Eléctricas. Turbinas de vapor. Aparelhos de iluminação. Instrumentos de medida. Condutores eléctricos. Electrificação de fábricas. Comandos eléctricos especiais para fábricas téxteis, fábricas de papel, etc. Máquinas frigoríficas. Emissores e receptores para T. S. F. Aparelhagem de Electro-Medicina. Instalações de Som.

GENERAL ELECTRIC

Portuguesa, S. A. R. L.

LISBOA

Rua do Norte, 5

Telef. 28135-28136

TÉCNICA

FERNANDO JÁCOME DE CASTRO

DIRECTOR

ANO XXIII - N.º 185 JULHO 1948

O Laboratório Químico na Indústria Metalúrgica

PELO ENG.º A. M. DA PAIXÃO

C. D. 669

I

A época actual é caracterizada, no campo técnico, pelos factos seguintes:

a) Pela soma de conhecimentos de ordem geral, que a especialização de um dado ramo da Técnica exige;

b) Pela velocidade do desenvolvimento de todos os ramos da técnica, que não é acompanhada, a não ser com sensível e considerável atraso, pela evolução dos princípos morais e políticos;

c) Pela intervenção da Política no campo técnico e vice-versa, pela interferência da Técnica no campo político.

Isto é:

A Técnica, em conclusão de uma actividade científica, procura conduzir e orientar no sentido económico mais favorável, a ideia inicial, modificada ou influenciada pela vontade política.

Temos assim dentro da Tecnologia, considerada como o conjunto das doutrinas técnicas, que resolvem industrialmente os problemas postos pela produção, em geral, três pontos a considerar:

1.º — a Escola
2.º — a Fábrica
3.º — o Governo da Nação

este último respondendo pela disciplina nos diferentes ramos da actividade humana, relacionando os factores materiais, morais e psicológicos, procurando realizar, para um dado país e num dado momento, fins sociais gerais.

Não é desejo nosso analisar, detalhadamente, nesta introdução cada um daqueles pontos; menos ainda, procurar determinar um traço de ligação comum. Não, que não fosse oportuno. Intimamente ligados, as relações a estabelecer têm uma validade ainda mais geral, do que os problemas, nos quais elas se manifestam.

Porém, este artigo, dada a sua finalidade, tem de ser, necessàriamente, extenso. Deste modo, não nos é possível aproveitar a presente oportunidade para tratar de um assunto de carácter geral, vasto e complexo, quando a nossa análise tem de incidir sobre um aspecto particular, material e fácil, das relações entre a Ciência e a Técnica.

A Escola a que nos referimos, é a Escola de especialização, ou, considerada como tal; aquela, cuja finalidade é, ou, devia ser, ministrar os conhecimentos necessários sobre um dado ramo da Técnica, suficientes para transformar o valor convencional de um indivíduo, conferido, ou, a conferir por um diploma, num indivíduo de valor real no campo da produção.

Em Portugal, de um modo geral, a indústria pertence a uma destas duas categorias:

a) Técnica moderna, que é necessário aperfeiçoar;

b) Técnica antiga, fechada nas quatro paredes da rotina, defendida por privilégios inconcebíveis e pautas, que de simples barreiras se converteram em inexpugnáveis fortalezas; — técnica, que é necessário reorganizar, renovar e adaptar ao desenvolvimento científico.

Então, a Escola deverá ministrar e divulgar os conhecimentos científicos, bases de processos industriais e graças aos quais, os métodos primitivos serão, pouco a pouco, substituídos.

Aqui principia a dificuldade com esta aparente contradição:

Uma especialização exige um somatório de conhecimentos, cuja profundidade e extensão são incompatíveis com a própria ideia de especialização.

E para que uma aparente impossibilidade se não converta numa dolorosa realidade, a Escola terá de atender a estes três pontos:

1.º — Professores
2.º — Programas
3.º — Laboratórios

O ensino especializado deve ser ministrado por indivíduos em contacto estreito e permanente com a técnica, que se pretende ensinar.

Porém, um professor ao fazer a sua lição, ao analisar os fenómenos gerais e particulares de uma dada operação industrial, ao realizar a síntese dessa mesma operação, *não deve esquecer que a educação profissional não pode acompanhar a educação científica. Esta, vem primeiro.*

O ensino prático nas escolas técnicas portuguesas é fraco. Não é necessário apresentar provas do seu baixo nível, mas podemos — e quero — apresentar algumas das razões. Uma delas é a distribuição do serviço aos assistentes, no qual se atende fundamentalmente à necessidade de se cumprir um dado horário, deixando-se para um plano secundário as preocupações de ordem pedagógica a a eficiência do ensino.

Por outro lado, os laboratórios, caracterizados por uma aparelhagem insuficiente, antiquada e gasta; por um material reduzido em quantidade para uma frequência excessiva, por dotações, que pela sua modicidade são menos que ridículas, não podem, nem mesmo quando entregues à direcção de professores distintíssimos, cumprir a missão para que foram criados. Além disso, *os nossos laboratórios de ensino não passam de locais onde se fazem experiências,* e estas não vão além da execução de uma receita. A observação dos fenómenos e suas particularidades, as relações entre causas e efeitos, o desenvolvimento da habilidade manual e das faculdades de observação, o porquê e o para quê das coisas, a discussão e comentário dos resultados, todas estas parcelas de uma lição laboratorial, são infinitésimos que se desprezam.

O resultado, como não podia deixar de ser, vem errado no valor e falseado na finalidade. Uma outra faceta característica dos nossos laboratórios é o critério que preside à sua construção.

No estudo do projecto, o arquiteto (ou o engenheiro) preocupa-se, apenas, em que as suas linhas se adaptem ao conjunto exterior, sem considerar, um instante sequer, a finalidade imediata do laboratório. Este, não passa de uma sala ou de um conjunto de salas, em que as paredes, janelas e portas obedecem a um traço arquitectónico geral.

Ora, um laboratório, é um local destinado a uma determinada aparelhagem científica, que tem de trabalhar em condições científicas. Então, as causas de erro têm de ser reduzidas ao mínimo, se não puderem ser totalmente eliminadas. Dentro desta ordem de ideias, a acção dos agentes externos, temperatura, humidade, luz, ventos, poeiras, trepidações, etc., tem de ser considerada para ser combatida. Por outro lado, um laboratório não é necessàriamente uma câmara de gases.

Então, o estudo de ventilação e tiragem de salas cujas janelas muitas vezes não se podem, ou, não se devem abrir, deve ser feito com cuidado e escrúpulo.

A iluminação natural ou artificial, as condições acústicas, a temperatura interna, os dispositivos de protecção, são ainda outros factores a considerar no estudo de um projecto de um laboratório. E como os homens não são necessàriamente umas máquinas, condições de higiene e comodidade, economia de esforço e de dispêndio de energia, são, também, assuntos a estudar, e não, a esquecer.

E dos nossos, mesmo os da nossa Escola, quais são aqueles em que estes pontos foram observados ?

II

O Laboratório apresenta-se, dentro de um conceito geral, como um instrumento possuindo uma destas funções:

1.º — Organismo pedagógico
2.º — Organismo de controle
3.º — Organismo de investigação

funções estas, que devem suceder-se no tempo e no espaço, distintas, ou, associadas, e em conformidade, dentro de uma orientação geral, com os recursos materiais, interesses particulares e nacionais.

Analisemos um caso concreto na Indústria Metalúrgica, relativo a uma fábrica de média importância.

Neste caso, o laboratório é uma célula complexa, compreendendo diversas secções, cuja função fundamental é a de controle, tendo por finalidade imediata, primeiro, manter a regularidade e qualidade de fabricação, segundo, melhorá-la, se for possível, procurando simultâneamente por um melhor rendimento industrial, um abaixamento do preço do custo.

Em resumo:

«Orientar a produção no sentido da quantidade e da qualidade dentro das condições mais económicas».

O controle exercer-se-á

a) Sobre as matérias primas
b) Sobre os factores de fabricação
c) Sobre os produtos fabricados { Fabricação / Recepção

Em relação às matérias primas, o laboratório deve indicar, claramente, quais as qualidades e propriedades a que devem satisfazer.

Depois, examinará e estudará as amostras propostas pelos fornecedores e verificará se a mercadoria entregue está em conformidade com as especificações e corresponde às amostras enviadas.

A qualidade da fabricação depende da qualidade das matérias primas e dos factores ou condições de fabricação. Infelizmente, não é possível um controle completo, quer sobre as matérias primas, quer sobre os factores de fabricação. Umas vezes por desconhecimento, outras, por dificuldade ou impossibilidade de medida, certas influências só são consideradas quando se manifestam em irregularidades de fabricação. É o caso, por exemplo, dos fenómenos de hereditariedade, da absorção dos gases pelos metais fundidos, sua repartição e dosagem, dos fenómenos de cristalização e arrefecimento. O laboratório, uma vez constatada a irregularidade, procura determinar a sua causa, utilizando para isso processos de *ampliação e repetição*.

A ampliação, consiste na repetição da experiência modificando os factores elementares, mas exagerando cada um deles, separadamente. A repetição, consiste em tornar sensível uma dada causa se os efeitos forem comulativos. Como exemplos: a distribuição do P nas peças em ferro fundido, em que uma das dimensões é muito pequena em relação às restantes (Chapas de pequena espessura e grande superfície, varetas cilíndricas de pequena base e grande altura); fenómenos de ingotismo, etc.

Por outro lado, na Metalurgia e na Fundição, muitas medidas e determinações são naturalmente erradas, incompletas, insuficientes.

É o caso das medidas de temperatura, da análise dos gases, da amostragem, etc.

Na medição de temperaturas, os resultados estão quase sempre errados pela falta de medidas elementares de precaução (pirómetros mal escolhidos, poeiras sobre as soldaduras, soldaduras mal feitas, medidas demasiadamente rápidas, por necessidade, não

dando tempo ao restabelecimento de equilíbrio térmico).

Na análise dos gases, não tomamos em conta as reacções secundárias, fenómenos de dissociação, etc. Assim no caso do cubilot, a percentagem do CO^2 é atribuída totalmente à combustão do coque, sem considerarmos a dissociação da castina ($CO^3 C_a$) que existe no leite de fusão.

Ao fazermos uma amostragem, partimos do princípio, evidentemente errado, da homogeneidade do lote, e, atribuimos ao todo a composição encontrada para a amostra média. É o caso da compra de sucata de proveniência desconhecida. É de fixar, então, que o papel do laboratório na indústria metalúrgica — como em todas as outras — sendo uma condição necessária, a qualidade da fabricação, não é uma condição de suficiência.

O controle dos produtos fabricados pode ser feito tendo em vista, ou, a qualidade da fabricação, ou a recepção das peças.

Há uma diferença fundamental entre estes dois fins. O controle de qualidade da fabricação é feito, sempre, pelos mesmos operadores, que são os analistas do laboratório, enquanto que a recepção é feita, senão por pessoas diferentes, pelo menos, na presença dessas pessoas — delegados dos clientes — e a interpretação dos resultados e marcha dos ensaios obedece ao critério dos recepcionários.

De um lado, o ensaio, ou, estudo, tem de ser *rápido,* para não entravar a marcha da fabricação; *fiel e rigoroso,* de modo que os resultados sejam reprodutíveis dentro das tolerâncias normais; *constante e metódico,* para que mereça confiança e incuta nas diferentes secções da fábrica um regime de hábito.

Na recepção, não pode haver discussões, não é admissível a menor dúvida. A peça serve, ou, não serve. O ensaio tem de ser, então, *impessoal* e *significativo;* portanto, a operação tem de ser *automática* e o resultado *numérico.* O controle de recepção visa o resultado final qualificativo sem se interessar pelas causas; a conclusão do boletim de ensaios traduz-se nestas palavras: *a peça satisfaz.*

Se o resultado for negativo, não nos resta o recurso sequer, de juntar uma linha de explicações.

O controle de qualidade da fabricação deve, uma vez obtido os resultados, incidir sobre a origem. Como sabemos, as propriedades de um metal ou de uma liga metálica dependem, além da sua natureza, da sua constituição e estrutura, e portanto no seu estudo interessa, não só a sua composição química, como os tratamentos que possa ter sofrido. A amostragem tem de ser feita em conformidade com os preceitos técnicos, os ensaios a executar segundo os recursos do laboratório têm de ser feitos com precisão, consciência e método, Infelizmente, os ensaios são muitas vezes destruitivos, e o controle sobre peças acabadas representa uma despesa considerável, que tem de ser amortizada à custa da própria fabricação, com prejuízo, portanto, do preço do custo.

III

São do laboratório da Fábrica do Tramagal, da Metalúrgica Duarte Ferreira, os processos de análise e resultados que apresentamos nesta parte do nosso artigo.

1 — *Dosagem do carbono nos ferros, aços e ferro-ligas*

O carbono é nos aços ordinários e ferros fundidos o elemento de maior importância e do qual dependem as propriedades básicas daqueles produtos. Compreende-se assim, fàcilmente, que a sua determinação ocupe no laboratório de uma fábrica metalúrgica lugar de destacada importância.

Como o carbono tem de ser introduzido e doseado durante a fabricação, o ensaio de dosagem tem de ser *rápido;* como percentagens na ordem de grandeza de 0,1 % têm já influência nas propriedades mecânicas, o ensaio tem de ser *preciso.* Estas duas condições limitam, actualmente, os processos de dosagem apenas a dois: — o de combustão em forno eléctrico numa corrente de oxigénio e avaliação ponderal ou volumétrica do CO^2 formado, e o magnético, notando-se, porém, que este exige para o traçado

do diagrama de equilíbrio *percentagens de carbono — unidades magnéticas,* (gauss) o processo de combustão em forno eléctrico.

O processo de Corleiss e o de Eggertz (colorimétrico) são de mencionar apenas a título histórico.

O primeiro exigia um tempo mínimo de três horas e tanto um como o outro só davam resultados aproximados.

O processo magnético é o processo mais rápido de dosagem do carbono — menos de dois minutos — mas apresenta os seguintes e graves inconvenientes:

1.º — Determinação de uma curva de equilíbrio o que é sempre difícil e moroso;
2.º — Só serve para aços ($C < 1,5$);
3.º — Só se pode utilizar na fabricação, pois, exige a moldação de uma amostra de dimensões determinadas.

Por esta razão, não serve para a determinação do carbono em peças soltas ou partidas, amostras diversas, limalhas, sucatas, etc.

4.º — Dá origem a erros incontroláveis pois as propriedades magnéticas dos aços são fàcilmente influenciadas pelas condições de fabricação (oxidação, inclusões, elementos especiais, etc.)

2 — *Princípio da dosagem do carbono total por combustão*

Se aquecermos um ferro ou um aço a uma temperatura superior a 1000° numa corrente de oxigénio, o carbono oxida-se, transformando-se em CO^2.

Este é absorvido e avaliado ponderal ou volumètricamente.

A aparelhagem de medida compreende:

a) Um reservatório de oxigénio e o conjunto purificador do gás;
b) Um forno eléctrico de resistência para temperatura de 1100°/1400° C.
c) Sistema purificador do CO^2
d) Dispositivo de absorção do CO^2

Notemos desde já que é corrente constatar irregularidades nos resultados dados por laboratórios diferentes, com afastamentos, por vezes, consideráveis.

Na falta de uma metodização dos processos de análise do carbono total, de preferência aos detalhes operatórios apresentamos uma série de notas fundamentadas no estudo e observação de um trabalho normal e diário de controle de fabricação.

Adoptamos para tolerância máxima de afastamento para análise de amostras de um mesmo lote o valor de

$$0.02 + (0,01 \times \% \text{ do C encontrado})$$

para os aços; e o valor de

$$0.05 + (0,01 \times \% \text{ do C encontrado})$$

para gusas e ferros fundidos.

Classificação das causas do erro

I — *Relativas à amostra*

1 — Má colheita da amostra
- No forno: — coberta de escórias, carvão, etc.
- Na peça: — má escolha dos locais, gitos
- Amostragem insuficiente para lotes de grande tonelagem, ou muito divididos

2 — Limalha
- Mal tirada: — contaminada, húmida, com óleos, etc.
- Demasiadamente grossa
- Demasiadamente fina

3 — Pesagem
- s/ a precisão suficiente
- Incorrecta

II — *Relativas ao fenómeno da combustão*

1 — Oxigénio { Pureza insuficiente
Pressão — velocidade de escoamento insuficiente ou demasiada

2 — Forno de combustão { Tubos de combustão
Barquinhas
Temperatura
Fundentes

III — *Relativas ao CO^2 e sua determinação*

A) Processo volumétrico:

1) Purificação de CO^2 { Retenção dos óxidos de ferro
Fixação do SO^2

2) Determinação do CO^2 { Absorção do CO^2
Leitura e correcção

B) Processo ponderal:

1) Purificação do CO^2 { Retenção dos óxidos de ferro
Fixação de SO^2
Secagem do CO^2

2) Determinação do CO^2 { Absorção do CO^2
Pesagens

Dos erros resultantes *da má colheita da amostra* os mais difíceis de evitar são os relativos às amostragens insuficientes para lotes de grandes tonelagens.

Temos de proceder a uma escolha e classificação prévia do material o que é difícil, moroso e impossível de realizar rigorosamente, quer se trate de ferro novo ou de sucatas diversas.

A colheita da amostra no forno (fabricação de aço), deve obedecer a preceitos técnicos determinados, que podem, evidentemente, variar de fábrica para fábrica, mas tendo por finalidade obter-se uma amostra limpa. A colher utilizada deve ser primeiro e cuidadosamente revestida de escória; a amostra não deve ser retirada em seguida à recarburação, o intervalo de tempo entre as duas operações sendo função da capacidade do forno, dos materiais utilizados e da técnica de fabricação seguida.

A amostragem em peças deve ser feita em pontos escolhidos com critério e na fabricação em série, esses locais devem ser sempre os mesmos nas diferentes peças. Em peças de grandes dimensões, podemos encontrar consideráveis afastamentos como consequência de fenómenos de liquação. (Esta causa de erro é geral e a sua importância cresce com o intervalo de solidificação, gradiante térmico, e natureza química dos elementos em presença: — fenómenos de difusão intermetálica).

Quando a amostra é entregue ao laboratório já em limalhas — o que é frequente — esta pode vir contaminada com outros metais, impurezas diversas ou então, pode conter óleo ou água oleosa ou saponosa. Impõe-se então um exame cuidadoso da amostra, seguido de uma lavagem em benzina e éter e secagem rápida em corrente de ar ou em estufa a 50°/60°. A limalha tem

de ser de dimensões regulares, nem muito grossa, nem muito fina. Por isso a limalha tirada com a lima é preferível à limalha da broca. Aquela é depois passada pela peneira sendo regeitada a limalha que é retida pela peneira de 20 malhas, cm.^{2}, e a que passa pela peneira de 60 malhas.

Na pesagem, devemos utilizar balanças com sensibilidade suficiente para pesarmos até ao miligrama com rigor. É de recomendar o uso de uma pequena colher em alumínio, prata ou platina, cuja limpeza ou calcinação se possa fazer fàcilmente.

Nunca devemos pesar a limalha sobre papel de filtro ou já na barquinha prèviamente tarada, como alguns autores recomendam. A toma da amostra é muitas vezes determinada pelo próprio aparelho, pois, a calibração deste feito já em unidades de Carbono leva-nos a empregar um determinado peso do produto. Geralmente, a toma é de 1,000 gr para aços e *0,250 gr para ferros fundidos.*

O reservatório de oxigénio é uma garrafa vulgar, daquelas que são usadas na soldadura oxi-acetilénica munida de um redutor de pressão, regulável. Na purificação do oxigénio usam-se diversos processos, todos eles com resultados sensìvelmente equivalentes. O mais simples e satisfazendo perfeitamente consiste num frasco contendo $SO^4 H^2$ conc., seguido de um outro contendo calsodada, cloreto de cálcio e ascarite, estes três produtos separados entre si por camadas de algodão de vidro.

Podemos usar ainda um dispositivo mais complicado, de resultados semelhantes:

1.º — Um frasco lavador com OHK a 40 %;
2.º — Um frasco com uma mistura sulfo-crómica, 18 gr de anidrido crómico, 370 cc de $SO^4 H^2$ conc, e 150 cc de OH^2;
3.º — Um frasco de água acidulada com $SO^4 H^2$ a 2 %.

A velocidade do escoamento do O^2, que é função da pressão a que está submetido e da válvula de regulação do forno, é variável de aparelho para aparelho e deve ser indicada pela casa construtora. Entretanto, a observação visual da marcha da combustão pode dar-nos uma indicação da suficiência ou insuficiência do débito do O^2.

Os tubos de combustão são feitos de refractários naturais ou sintéticos, os mais diversos. Os melhores são indiscutìvelmente, os de sílica fundida. São também os mais caros. Como índice de qualidade, podemos escolher o tempo médio de emprego útil (temp.ª 1100°). Um bom tubo deve resistir a 1000 horas de aquecimento ou sejam aproximadamente, três meses em trabalho normal.

As barquinhas podem ser em porcelana, vidrada, ou não, ou, em qualquer outro refractário. As barquinhas vidradas inutilizam-se quase sempre ao primeiro ensaio. Uma barquinha de boa qualidade deve permitir uma série de ensaios de tal modo que ela fique cheia de ferro oxidado sem estalar. Os preços das barquinhas são muito variáveis. Antes do seu emprego, devem ser calcinadas à temperatura de trabalho.

A temperatura de trabalho, entre 1100°/1200°, é suficiente permitindo uma boa marcha de combustão e não dá origem a fenómenos explosivos de oxidação (combustão pràticamente instantânea). Os resultados são sempre falseados neste caso e por isso mesmo não se devem considerar. Os fornos eléctricos usados são de resistência e estas, de uma maneira geral em carburundune. Estas trabalham primeiramente em série, e depois de algum tempo de uso, em derivação.

O transformador do forno deve permitir no secundário, a partir dos 40 volts uma graduação 2 em 2, ou, pelo menos de 5 em 5 volts. O aquecimento do forno deve ser conduzido lenta e cuidadosamente. Do modo como é conduzido depende em muito a vida dos tubos de combustão.

Para facilitar o fenómeno de oxidação recomenda-se o uso de fundentes. Estes, podem ser de diferentes naturezas: *metais* (Sn, Pb, Cu) *oxidos* (OBi, OCo, OPb, O^2Pb, OCu) *sais* ($Cr O^4 Pb$) e *ligas metalicas* (ferro-fundido). Porém, a nossa opinião é esta: «*Na análise dos ferros fundidos e aços ordinários, ou, especiais de baixo teor, se tra-*

balharmos com temperaturas no intervalo 1100°/1200°, a utilização de fundentes é absolutamente dispensável.

Naquele intervalo de temperaturas o emprego de fundentes conduz a uma mais rápida destruição das barquinhas e dos tubos de protecção dos tubos de combustão.

No processo volumétrico a purificação de CO^2 consiste apenas na retenção dos óxidos de ferro e na fixação do SO^2 formado. A primeira é feita por algodão de vidro; a segunda realiza-se à custa do $Mn\,O^2$ puro, da mistura $Cr\,O^4\,R' + M/n\,O^4\,K$ etc. Para temperaturas moderadas e desde que a oxidação se faça progressivamente, a formação dos óxidos de ferro finamente divididos (fumos) não tem lugar; o SO^2 forma-se sempre, mas a sua fixação é fácil. A absorção do CO^2 que é feita por barbotagem numa solução de OHK exige uma correcção em relação à pressão e à temperatura. A solução de OHK deve ser de elevada concentração (usamos uma solução a 80 °/₀) se bem a que de 65 °/₀ dê já resultados pràticamente invariáveis.

No processo ponderal a absorção do SO^2 é feita por uma solução sulf. crómica (10 gr de $Cr\,O^3$ + 2 cc de $SO^4\,H^2$ + 10 c. c. de OH^2) contida num tubo em U com dois diafragmas com 2 mm de diâmetro de abertura e separados por uma altura de 65 mm. O tubo é cheio até ao nível do diafragma inferior. A seguir a este tubo, temos outro tubo em U contendo $SO^4\,H^2$ concentrado onde o gás sofre uma primeira desidratação. Segue-se agora a desicação completa que pode ser feita com diversos produtos sólidos tais como o $P^2\,O^5$,O Ba, Cl^2 Ca, etc.

No processo ponderal, a operação mais delicada e difícil é a desicação. Este facto levou-nos a um estudo sistemático dos agentes desidratantes. Esses produtos cujos nomes comerciais nada nos dizem, como dehydrite, deierite, anhydrona, o que são?

A eficiência, a capacidade e o modo de acção destes e outros produtos são tais que a sua utilização na dosagem do carbono por combustão são de recomendar?

No nosso concreto problema interessam fundamentalmente as seguintes propriedades:

1) intensidade de desidratação
2) capacidade de desidratação
3) Velocidade de desidratação.

Em face dos resultados obtidos parece-nos que é de agrupar

1.° — { anidrido fosfórico / óxido de bario / perclorato de magnésia anidra

2.° — { óxido de cálcio / trióxido de alúmio / hidrato de potássio

3.° — { gelo de sílica / cloreto de cálcio anidro / perclorato de bario

O cloreto de cálcio anidro considerado universalmente como desidratante, é um mau, relativamente, claro está, desidratante. É, podemos dizer, tão eficiente, ou menos, do que a ascarite, cuja finalidade é absorção do CO^2. O que é preciso sempre ter em conta é a capacidade de absorção, propriedade que quase sempre é esquecida. Assim para o perclorato de magnésia é de 10 °/₀ (em peso) e para o trióxido de alumina, não vai além de 8 °/₀ e para a drierite não ultrapassa 6 °/₀ enquanto que o óxido de bario sobe até aos 12 °/₀.

Os frascos de absorção e de pesagem do CO^2 são de vários modelos, geralmente cilíndricos, com 35 a 40 mm de diâmetro, 100/110 mm de altura. A substância absorvente do CO^2 deve ser a ascarite, com exclusão de qualquer outra.

Aperfeiçoando os métodos de amostragens para aumentar a velocidade ensáio — hoje o Laboratório dá à Fundição três resultados, C, S e Mn em menos de dez minutos, tempo contado desde a colheita da amostra no forno — estudando as causas de erro de modo a diminuirmos as tolerâncias fixadas (para os aços por ex. a tolerância usada para o carbono é de 0.02 + + 0.01 C °/₀ modificando a aparelhagem de modo a termos um controle visual do fenómeno de oxidação — a adaptação dos

tubos periscópicos permite-nos desprezar imediatamente todos os ensaios onde o fenómeno de oxidação seja de aspecto explosivo — alterando os métodos de ensaio a fim de termos uma maior sensibilidade, julgamos que nos é permitido afirmar que em parte alguma se fará melhor (em igualdade de aparelhagem) e *mesmo no assunto que vamos tratar se fará tanto.*

Determinação do enxofre

Dos processos clássicos de determinação do enxofre nos ferros e aços, só o processo de evolução dá resultados satisfatòriamente reprodutíveis.

Porém, a destilação do hidrogénio sulfurado leva pràticamente 30 minutos, o que o torna impróprio para o controle de fabricação, ficando assim indicado apenas para as operações de controle. O processo de combustão comporta duas variantes:

a) a alcalina, que dá resultados incertos;

b) a iodemétrica, de resultados bons mas a titulação devendo fazer-se à medida que a combustão se realiza torna o processo excessivamente delicado, pelo que a variante alcalina é a mais recomendada e seguida.

O princípio do processo é o seguinte:

O ferro ou aço é queimado em corrente de oxigénio. O S transforma-se em SO^2, que é oxidado e absorvido por um volume conhecido de uma solução alcalina titulada de $O^2 H^2$.

O alcali residual em excesso é depois avaliado por um soluto de $SO^2 H^2$ n/100 em presença do alaranjado de metilo. Na sua simplicidade, o processo é rápido.

O fenómeno de combustão leva exactamente 3 minutos e 30 segundos ao qual temos de adicionar o tempo de amostragem e de titulação. Simplesmente, a neutralização, pela diluição dos solutos é difícil de apreciar e os resultados não são rigorosamente reprodutíveis dentro das tolerâncias fixadas.

Causas de erro:

1.º — Influência do CO^2 — Na combustão de um ferro ou aço em atmosfera de oxigénio o carbono oxida-se primeiro do que o enxofre. Então, a fixação do CO^2 pelo soluto alcalino oxidante é sempre de admitir. O estudo deste problema não é simples: é a aplicação de toda a teoria da neutralização e hidrolise das soluções diluídas.

2.º — *Influência do indicador* — No doseamento do alcali em excesso, temos de notar que trabalhamos em soluções não tamponadas. Por outro lado, o indicador usual, o alaranjado de metilo, é um indicador dicroico, cuja intensidade de coloração corresponde a uma relação determinada das formas ionizada e não ionizada do indicador.

Ora para o alaranjado de metilo a passagem do amarelo ao vermelho dá-se quando 5 a 20 % do indicador estão sob a forma vermelha enquanto que a passagem do vermelho ao amarelo necessita de uma transformação de 30 % da forma vermelha. Então é necessário considerar um factor que por desconhecimento ou comodidade se despresa correntemente: o poder còrante do indicador ou a intensidade de coloração da solução a titular. Além da sua influência sobre a titulação, uma quantidade grande de indicador nunca é recomendável, pois corresponde sempre à adição de iões OH^- ou H^+ à solução a estudar.

Assim, em seis indicadores estudados, o comportamento em relação ao seu poder còrante é do quadro da página seguinte.

Ora, foi o facto de trabalharmos com água bidestilada de alta pureza (com uma resistência específica de 370.000 ohms, a 18º o que corresponde, aproximadamente a uma concentração de $1{,}5 \times 10^{-6}$ grs de Na Cl/litro) que nos fez notar com toda a facilidade a importância da percentagem do carbono sobre o comportamento dos indicadores na zona de viragem.

E depois de termos estudado a influência das percentagens do carbono e de enxofre, influência da temperatura e do comportamento ao indicador, a conclusão, infelizmente, é esta:

Poder corante (1 gota = 0,03 cm^3 em 50 cc. de OH^2 bidestilada)

Designação	Zona de pH	Meio neutro	Meio alcalino	Meio ácido
Alaranjado de metilo	3,1 — 4,4	alaranjado muito fraco	alaranjado muito fraco	rosa pálido
Bromo thymol azul. .	6,0 — 7,6	amarelo forte	azul de cobalto forte	amarelo forte
Bromocresol	5,5 — 6,8	amarelo alaranjado	roxo violeta forte	amarelo forte
Vermelho de fenol. . .	6,8 — 8,4	incolor	incolor	incolor
P nitro fenol	5,6 — 7,6	amarelo esverdeado	amarelo de fenol	incolor
Thymolftaleina	8,0 — 9,6	incolor	incolor	incolor

Na titulação do alcali residual do soluto oxidante, nenhum indicador, mono ou dicroico, pode ser considerado como perfeitamente satisfatório.

A necessidade de um processo rápido, preciso e sensível levou-nos a procurar uma substância que podendo fixar o SO^4H fosse indiferente ao CO^2. Além disso, essa substância sendo solúvel, devia dar produtos de reacção solúveis, também. Foi então que resolvemos experimentar como substância fixante o NO^3Ag. Um soluto de NO^3Ag diluido adicionada de O^2H^2 é decomposto pelo SO^2 com formação SO Ag e libertação de NO^3H.

Este, pode ser titulado agora por uma solução de OH Na diluida, pois que a viragem do indicador dá-se antes da *pp.* do OH Ag.

A fixação do CO^2, uma vez que a solução é neutra ou ácida, já não é de temer: então é necessário, apenas, que os resultados sejam reprodutíveis e concordantes com os resultados do processo de evolução. Os resultados experimentais são magníficos, *além de que é de notar que o princípio do método é susceptível de generalização.* O processo tem hoje a consagração de dois anos de trabalho. Infelizmente, *a ideia de informar é incompatível com a preocupação da certeza e necessidade de confirmação.*

Dosagem do Si nos feno-silícios

Certos problemas simples são angustiosa preocupação e torturante desespero.

A solução, parece estar ali, ora, patente e fácil, ora, inacessível pelo estudo e escapando a qualquer raciocínio. Depois, quando se encontra, tudo parece infantil, até mesmo intuitivo, ainda que não se compreenda.

Poupar a platina numa altura em que a sua cotação atingia valores astronómicos, e o que é pior ainda, a sua entrega não se fazia apesar de todas as promessas e contractos, num laboratório, que pela própria natureza do trabalho, ela era um material de primeira necessidade, era um imperativo a cumprir dentro da solução de um problema técnico-económico em que qualquer destes factores não cedia um passo em ordem de importância respectiva,

O desagregante alcalino, oxidante à base do peróxido de sódio, abria buracos no níquel puro como o sulfúrico concentrado em fazenda tabelada e um ferro silício a 80 °/₀ exige obrigatòriamente a sua presença para uma perfeita e completa fusão.

Estudamos este problema experimentando todos os processos de ataque, com exclusão, apenas, do processo electrolítico, pois, não dispúnhamos de aparelhagem apropriada.

De uma maneira geral, um produto até 3 a 4 °/₀ em Si é atacável em meio ácido oxidante, de 5 a 7 °/₀, o ataque já difícil depende essencialmente da composição global do produto e para teores superiores a 8 °/₀ exige uma desagregação em meio alcalino.

Trabalhando com cadinho níquel e para ferro-silícios superiores a 70 °/₀ chegámos à mistura seguinte:

$O^2 Na^2$ — 1 gr
$NO^3 K$ — 1 gr
$2 CO^3 (Na^2, K^2)$ — 4 gr

Um cadinho em níquel puro ao fim de 40 fusões sucessivas continuava ainda a ser um bom cadinho.

A temperatura e modo de aquecimento têm uma importância considerável sobre o comportamento do cadinho.

A técnica é a seguinte:

0,5 gramas

finamente pulverizadas são intimamente misturadas com a mistura indicada. Aquecer a temperatura branda (fogão eléctrico ou bico de gás) sobre placa de amianto de 1 cm de espessura durante 5 a 10 minutos, no máximo. No fim deste aquecimento, subimos a temperatura até 500°/600° (não ultrapassar) durante 15 a 20 minutos. A mistura funde suave e fàcilmente. Deixar arrefecer e dissolver em OH^2 acidulada com ClH a 5 °/₀ ligeiramente aquecida. Depois, a técnica, é a usual. Na análise dos ferro-silícios não procedemos, porém, por desnecessário, à correcção por tratamento com os ácidos fluorídrico e sulfúrico.

* * *

A eficiência de uma organização — seja ela qual for — pode medir-se pela profundidade e rapidez da evolução que determina no seu campo de existência e acção. No caso de um laboratório metalúrgico trabalhando à escala oficinal, ele deve ser considerado em si, como célula central, e no conjunto das relações, que deve estabelecer e manter com as restantes oficinas do agrupamento fabril.

E desta dualidade, que se manifesta por um movimento centripto e por uma influência centrífuga, consequência de uma colaboração, que deve ser perfeita, resulta, pouco a pouco, a uma intervenção, que deve ser geral, visando não só a regularidade de execução de um programa estabelecido mas ainda a economia de operações que se manifestam por qualquer forma e em todos os sentidos.

A transformação dos hábitos de trabalho, o converter a análise química e metalográfica em operações tão vulgares como qualquer trabalho de maquinização, a inovação na análise de um produto e tantas pequenas coisas, cuja descrição é incompatível com a extensão deste artigo, umas, visando a economia do tempo, outras, a economia do material, ou a precisão do método, são outras tantas parcelas a lançar a crédito do trabalho de um laboratório. Infelizmente, a Investigação, quer se trate da descoberta de milagroso remédio ou de requintado aperfeiçoamento na arte de matar , nunca é desinteressada.

Exige pagamento e sacrifício. Ainda que o primeiro não seja tangível e o segundo não seja mensurável. E isto só porque ao investigador não é proibido de pensar na utilidade do seu trabalho.

A ele só devia interessar a conclusão.

Obtida esta, seria depois entregue a novo grupo de investigadores, que estudariam os resultados económicos e as consequências políticas e morais da sua utilização.

Só assim se poderia escolher entre a Técnica, que é a máquina conduzida pelo homem e a Civilização, que devia ser o pensamento guiado pelo Coração.

Breves Notas Sobre a Organização do Laboratório Químico-Industrial

PELO ENG. QUÍMICO-INDUSTRIAL VERGÍLIO RUI TEIXEIRA LOPO

Assistente do I. S. T.

C. D. 66 : 658

Tão pouco temos visto em execução ou mesmo em tentativa, de organização e racionalização do trabalho no laboratório químico-industrial, que nos ficou a dúvida de se, na realidade, tal não tem interesse, ou se as limitações por um lado, da nossa produção baseada normalmente em indústrias bem conhecidas, e das nossas necessidades no que respeita a qualidade por outro, não serão o verdadeiro motivo desta ausência

Desde há mais de vinte anos, porém, que se tenta aplicar, na sua adaptação, ao trabalho laboratorial o que, de mais longe, se vem adaptando ao trabalho pròpriamente fabril.

Da bibliografia consultada, pareceu-nos com mais completo aspecto de conjunto, o capítulo da obra de Berl-Lunge referente a organização. Aliás, além de comentários dispersos e da bibliografia nessa obra indicada, poucos informes tivemos quando mais de tal precisámos.

Que as breves notas que adiante expomos, possam ter a utilidade de mostrarem a vantagem da aplicação de algumas normas gerais de organização ao caso particular que é o laboratório, feita nos moldes da obra atrás referida e, se não é atrevimento, como ligeiro complemento.

Se a não tiverem, que sirva de desculpa a brevidade que pretendemos dar-lhes.

As notas apresentadas referem-se em especial a Laboratórios Industriais da Indústria Química Mineral.

I — A Posição e os Problemas do Laboratório Químico-Industrial

Abstraindo o caso (entre nós infelizmente bastante geral) de empresas de reduzida produção e sem controle apertado, os problemas que aparecem normalmente ao tentar fazer-se a reorganização do Laboratório de Controle são os seguintes:

1 — Organização interna

a) relativa a material, produtos, correspondência, etc.
b) relativa às tarefas.

2 — Revisão dos métodos usados
a) manutenção ou modificação dos existentes
b) experimentação dos substitutos. — Aparelhagem.

3 — Revisão do controle das várias secções (com cada um dos chefes de fabricação).

4 — Estudo da modificação ou não das instalações e quadro de pessoal. Previsão das necessidades futuras.

Duma maneira geral, a medida em que a organização ou reorganização deve ser feita, é função do volume de trabalho. Saber-se se de facto há ou não vantagem em verda-

deira organização é um factor a considerar primeiro, mas que agora é nossa pretensão concluir.

Sobre a vantagem de organizar Laboratórios para intalações metalúrgicas com mil determinações diárias parece não haver dúvidas. Ensaios em Laboratórios de pouco mais de cem determinações diárias, muito diversas, o que é apreciável, permitem chegar à mesma conclusão.

Parece-nos aplicável a velha razão que diz para a indústria, que «aumentar a produção, melhorar a qualidade e reduzir o preço de custo são finalidades que apresentam tanto interesse nas pequenas indústrias como nas grandes».

Acrescentemos que organizar é a melhor maneira de corrigir e parece fora de dúvida que a organização, quando sucede à produção, tem sempre largos reflexos no campo económico e até social.

A necessidade de uma organização do Laboratório Químico-Industrial que crie um ambiente e uma preparação para as exigências crescentes do controle, parece-nos reflectir (e tardiamente entre nós), as tendências — que correspondem a necessidades — de há duas décadas para cá, de satisfazer a exigências de qualidade.

Verdadeiramente até nós, só depois que terminou a guerra e a palavra industrialização se fez repetir com mais insistência, parece ter chegado tal reflexo. A guerra, levando, nos produtos mais úteis, a exigências quase que só de quantidade, não deu à ideia de qualidade e concorrência outro incremento que o de fazer passar em vista grossa a normalização incipiente.

Decorridos perturbados anos, começa a sentir-se a necessidade imperiosa de aumentar a produção e, em certos campos, uma concorrência estrangeira com que nem sempre se contou. Neste campo, se não se faz sentir a concorrência de tantos processos de síntese que se tornaram assentes, vai-se notando a necessidade de caracterizar mais os produtos de fabrico, de apertar o controle das fábricas que usam processos velhos, de verificar a medida de propriedades de certos produtos que pareciam totalmente assentes, de estudar a influência do estado físico na aplicação, de substituir componentes, de estabelecer critérios de compra, etc. ([1])

Tudo isto nos parece dar relevo (aliás já conquistado lá fora) à função do laboratório de controle e comprovação, exigindo-lhe uma organização conveniente, um apetrechamento adequado, um pessoal bem preparado e até um cálculo de preço de análise.

É vulgar, ao falar-se da posição do problema em questão, pôr a relação entre controle e investigação.

Sob este aspecto (que apenas ousamos referir) perfilhamos as ideias do Prof. Heinrich, ([2]) de certo bem fundamentadas, que, em resumo, considera dois tipos de investigação:

— A investigação industrial que, necessária em grandes instalações, exige uma separação completa de funções (e até de instalações) das do controle analítico.

— A investigação inerente à própria natureza do trabalho de controle, isto é, aquela que aconselha a não tirar de todo ao analista, a possibilidade de trabalho de investigação dentro do seu campo de acção.

E, notando que, se a investigação pura é difícil, a investigação industrial é duplamente difícil, porque em todas as equações aparece a influência do dinheiro — refere a importância que tem o convencimento dos dirigentes das empresas de tal facto.

Ainda dentro dos problemas gerais do Laboratório é costume referir-se o que diz respeito à subdivisão de análises por laboratórios parciais. Parece-nos, duma maneira geral, dever ser tomada como base a centralização das determinações que não tenham um carácter de controle imediato ou de

---

([1]) — A exemplificação é tão fácil notando as características da nossa produção, que nos parece ocioso fazê-la.

([2]) Obra citada.

especificação muito grande. Quer dizer, a subdivisão do controle analítico por secções pode ser com vantagem feita no próprio Laboratório Central, aproveitando o material, a elasticidade da distribuição do tempo útil do pessoal e pode levar ainda às duas vantagens seguintes:

— um abaixamento do preço de análise

— a não formação de especialistas em número exagerado.

Outro problema geral e comum à maioria dos nossos Laboratórios Industriais, supomos ser o do conveniente equipamento em material.

É bem conhecida a necessidade de um «stock» sempre grande de material de uso comum e de reagentes que permitam trabalho em série sem descontinuidade e a existência conveniente de equipamento normal pròpriamente dito.

Queremos notar, porém, que sem qualquer intuito de investigação no seu sentido generalizado, nos parece dever tender-se muito mais do que se tem feito, ao equipamento em material especial que permita realizar ou com maior rapidez, ou em maior escala, ou ainda caracterizando melhor, os materiais e as operações, que constituem o denominador comum dos processos industriais de realização significativa no laboratório.

Ensaios de corrosão, de refractoriedade, de «spalling», de condutibilidade térmica; reacções sob pressão, mistura de líquidos e de sólidos, filtração rápida, pulverização coloidal, operações a altas temperaturas em escala um pouco maior que a do balão ou do copo, não são normalmente possíveis entre nós.

A generalização dos ensaios físicos é também, duma maneira geral, mais conhecida que aplicada

Todas estas necessidades temo-las sentido mais do que esperávamos, e conforma-nos a ideia de que se esboça entre nós, em passos incertos, um primeiro despertar neste campo. Notamos que a existência de material idóneo nem sempre é menos uma consequência de exigências que uma causa de experimentação, de adaptação, de descoberta de relações.

II — A Organização Interna e a Racionalização do Trabalho

Parece-nos que o bom funcionamento do Laboratório de controle exige, como condição necessária e suficiente, a execução rápida e económica, tendo por postulado a precisão suficiente.

Relativamente a esta última condição, que por vezes tão erradas ideias pressupõe, não vale a pena referir os processos usuais de comprovação, pelas duplicações, pelo controle sistemático com amostras «standards», muitas vezes indispensável, etc., porque uma condição domina todas: a criação de um ambiente de confiança.

Reproduzindo uma autoridade no assunto, diremos que «o próprio trabalho de comprovação pouca importância tem em relação ao seu volume (como comprovar directamente uma centena que seja de determinações diárias!) — dispondo de um quadro de analistas de confiança».

O cálculo do erro analítico ou precisão de resultados, deve estabelecer-se duma maneira geral ao fazer-se a revisão de métodos. É o melhor processo de estabelecer e comparar resultados.

Partilhamos da opinião, geralmente aceite, de que a precisão deve ser condicionada à utilização do resultado da análise, tendente sempre, a abreviar e a simplificar o método. Isto não significa, pelo menos no campo em que o verificámos — que se não sinta necessidade de dosear com fins industriais teores antes considerados mínimos.

Tudo o que se faça no sentido de normalização (dado que a normalização não significa «cristalização», mas selecção) — é sempre uma melhoria.

A execução rápida e económica é que constitue, portanto, o motivo e a norma da organização do Laboratório.

É sabido que a análise que não for rápida, a maior parte das vezes serve apenas para

estatística, que supomos não ser a sua função fundamental, que nada corrige e pouco relaciona. À execução rápida deve juntar-se o estabelecimento do tempo de ocupação, prazo de entrega, análises por determinado período, etc.

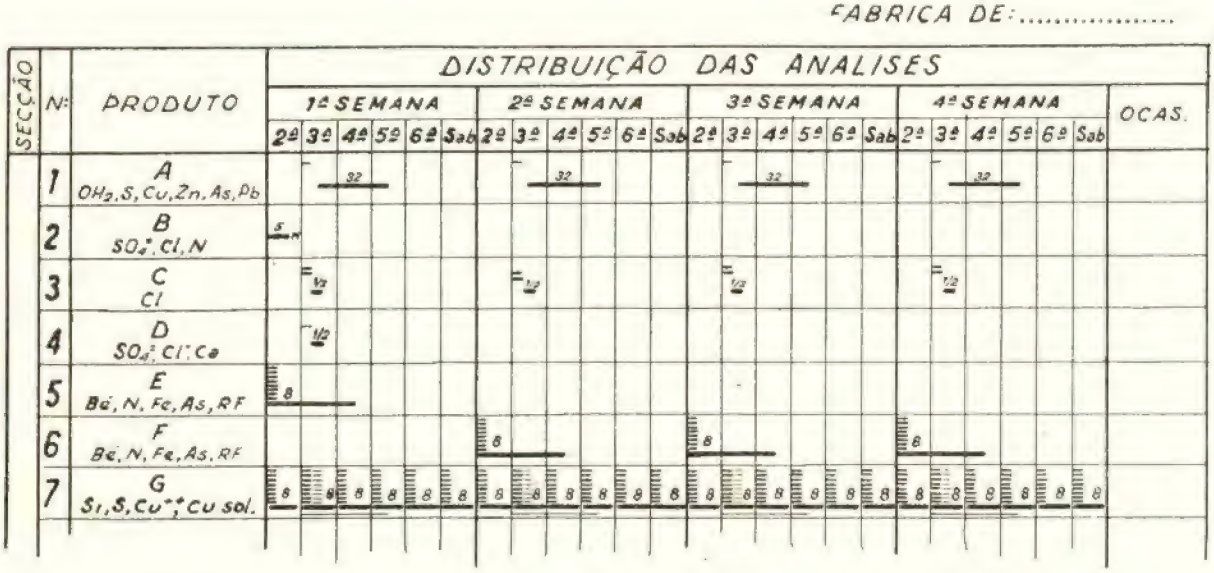


Fig. 1

embaratecimento da análise, para que sejam mínimas as limitações do controle,

A primeira norma de organização será a distribuição das análises normais efectuadas, segundo um plano relativo a cada fabrico, uma vez efectuada a revisão do controle analítico de cada secção paralelamente e o

A elaboração deste «planning» é a base de toda a organização; permite uma ordenação na inscrição de amostras, na divisão por secções, na distribuição de tarefas, na comunicação dos resultados, na estatística e na contabilização; é o melhor meio de controle de serviço no laboratório, uma vez

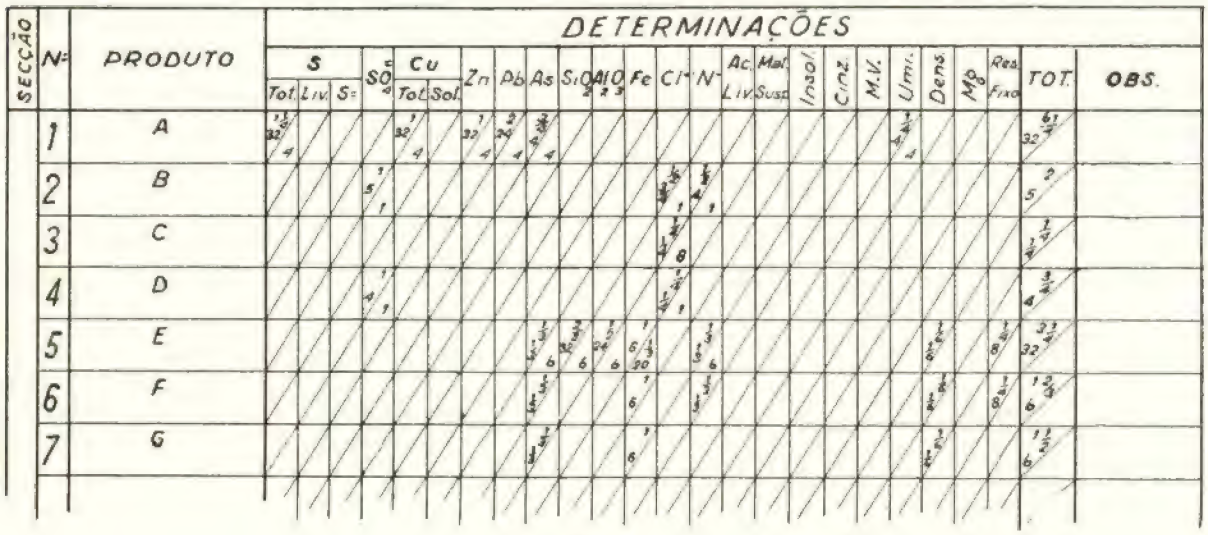


Fig. 2

feito o gráfico de ocupação dos analistas, que permite elaborar.

Como se vê, a base fundamental de todo o «planning» é o estabelecimento dos tempos de ocupação. Este deve ser feito para analista experimentado e desembaraçado, partindo do conhecimento do número de amostras habitualmente enviadas do mesmo produto e para as mesmas determinações, do conhecimento da distribuição mais racional das operações unitárias para esse conjunto, com aproveitamento integral dos tempos das operações que não exigem a presença do analista.

À dificuldade de criar o bom hábito da integração do analista nestas normas, sobrepõe-se o facto de essa dificuldade ser passageira e, uma vez entrada a norma na rotina, dá-lhe uma independência maior dentro do serviço que lhe foi especificado e acima de tudo — conduz a uma economia grande de tempo e a uma maior brevidade de operação.

Evidentemente, que pela sua própria natureza o trabalho de análise em série não pode deixar de ter uma elasticidade que permita suprir as variantes de trabalho, as circunstâncias anormais e o ajuste dos tempos previstos e dos reais. Aliás, a introdução de qualquer modificação é sempre fácil.

O cálculo dessa distribuição vem por exemplo, indicado na obra de Berl e Lunge, Tomo I, pg. 25, que calcula o tempo de cada operação unitária (com aproximação ao segundo), os tempos das operações que não exigem a presença do analista fazendo a mais económica distribuição do tempo, o que nem sempre corresponde à ideia intuitiva do analista.

Fig. 3

A diferença entre o tempo de ocupação calculado e o tempo de que realmente se dispõe, multiplicado pelo coeficiente médio que, incidindo sobre a mão de obra directa leva ao custo total, deve ser considerado como gastos gerais do Laboratório, pois representa duplicações, comprovações, preparação de solutos titulados, etc.

O estabelecimento dos tempos de ocupação é ainda o melhor critério para se saber o quadro de pessoal necessário uma vez feita a reorganização do controle das várias secções. Tentada a organização, a diferença entre os tempos reais e os tempos calculados não deve exceder 8 %, e este valor, que deverá ser diminuído, dá o índice que se deve utilizar para o estabelecimento do referido quadro.

Comparando os tempos que exigem a presença do analista, com os tempos das operações que a não exigem, verifica-se que duma maneira geral a relação é muito pequena:

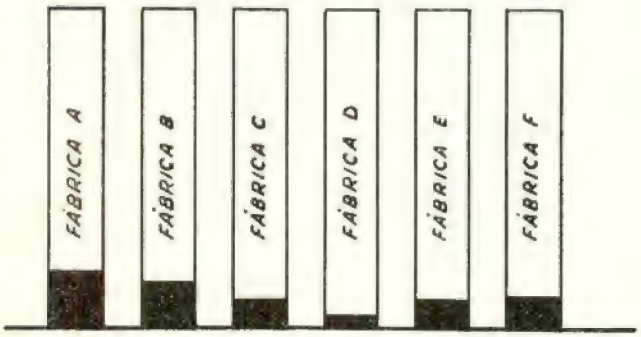


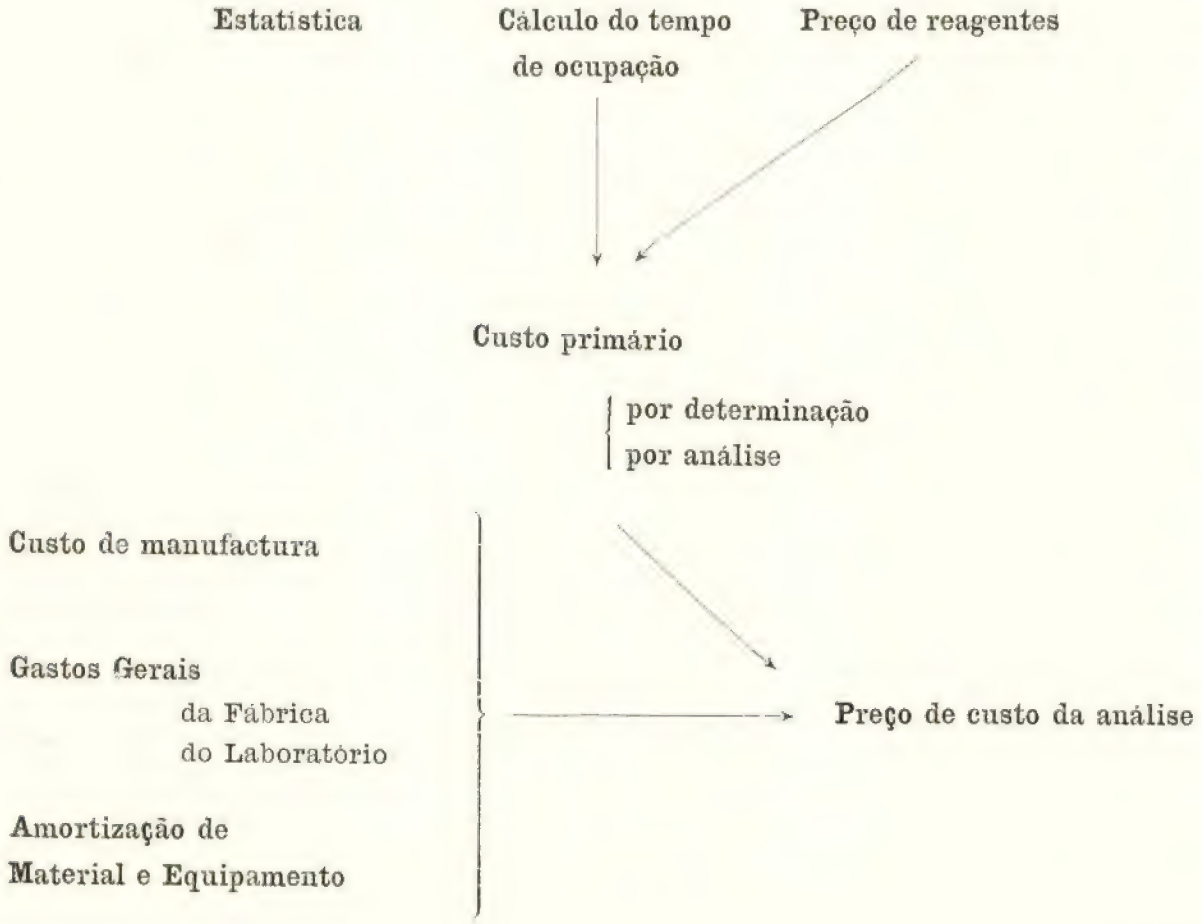
Fig. 4

A rapidez está, portanto, na aceleração das operações morosas da análise, como a economia está no aproveitamento integral da mão de obra.

Sob o aspecto económico a questão que realmente se põe é a do preço de análise; mas havendo uma correlação íntima entre o preço de custo de análise e o rendimento do Laboratório, o cálculo do preço de custo fornece-nos um índice do seu funcionamento.

Na verdade, o cálculo do preço de custo tem como base fundamental o estudo da distribuição de todos os factores que influenciam a análise. Baseado na estatística das determinações efectuadas e no estabelecimento cuidadoso dos tempos de ocupação, é o melhor meio de notar os factores a corrigir para uma melhoria de rendimento.

O esquema que nos parece mais simples de chegar ao preço do custo de análise parece ser o seguinte:



Normalmente exprime-se em função da mão de obra directa cada uma das alíneas em que se desdobra o custo de manufactura, dado que aquela variável, pesando muito, é de todas a que normalmente se mantém mais constante.

Uma distribuição média dos factores que oneram a análise não se afastará muito da seguinte:

Mão de obra directa e gastos sociais	38
Reagentes	6
Mão de obra indirecta	17
Conservação, Energia, e gastos especiais	23
Amortização de material	5
Gastos gerais (da Fábrica e de Laboratório)	11
	100

Como se vê, a mão de obra tem uma importância considerável a par dos gastos de conservação, energia, etc.

Relativamente aos gastos de manufactura, as suas despesas não são fàcilmente diminuídas, duma maneira geral, por outro critério que não seja o trabalho em série.

Relativamente à mão de obra, no laboratório como na indústria, o seu aproveitamento integral é um factor de primeira importância. Enquanto — como é infelizmente normal ver-se — a mão de obra não tiver um aproveitamento integral útil, que é o mais racional que puder estabelecer-se numa tentativa de reorganização — não é possível sair-se do ciclo vicioso a que fatalmente obriga: a sobrecarga do preço de custo dos produtos fabricados pela elevação do salário e a elevação deste pela subida de preço dos primeiros.

Sob este aspecto (e é tão evidente a verdade como estranha a sua não aplicação, talvez porque se compreenda melhor do que se sinta) não pode haver dúvidas, de que um dos factores mais importantes da elevação do nível de vida, é a transformação do salário pago num salário real, isto é, que corresponda ao rendimento máximo.

Não é fácil deixar de notar a influência dos gastos sociais e a incidência de parte dos gastos gerais sobre a mão de obra directa.

Uma relação simples, que permite obter o preço de custo de análise será

$$P_t = a \,.\, M_d + C_p$$

em que M_d representa a mão de obra directa, C_p o custo primário e a é uma constante que normalmente não ultrapassa 2.

Representando gràficamente o preço de custo em função do tempo de ocupação, verifica-se que há uma proporcionalidade entre o preço de custo e o tempo de ocupação.

Isto, que resulta por um lado de a distribuição do custo de manufactura ser feito à base do cálculo da mão de obra directa, mostra, por outro, que os materiais directos não alteram fundamentalmente o cálculo do preço de custo, quando se trata de valores médios.

Querendo relacionar o preço de custo com o tempo de ocupação e com o tempo das operações que não exigem presença do analista, supomos, sem pretender generalizar, poder exprimir-se por

$$P_t = at + b \log t'$$

em que t e t' são os tempos referidos e a e b constantes.

No entanto, os elementos que nos parecem ser de maior interesse para controle do funcionamento do laboratório industrial e que deverão ser tomados periòdicamente para cada secção, são os seguintes:

i_1 — número de determinações por dia e por analista

i_2 — diferença entre o tempo real e o tempo calculado por cem determinações

i_3 — preço de custo médio por determinação.

Uma tentativa de organização nos moldes indicados pode mostrar ao cabo de alguns meses a seguinte variação nos índices referidos:

i_1 — de (9 para 12)

i_2 — de (21 para 4,5)

i_3 — de (17 para 14)

observação, mas cujos efeitos iniciais parecem ser de interesse.

Mesmo que outra vantagem não tivessem, permitiriam a manutenção do preço de custo perante uma elevação de custo da mão de obra.

Cremos, porém, que o seu principal interesse está na medida em que a comprovação interessa à fabricação, dado que o

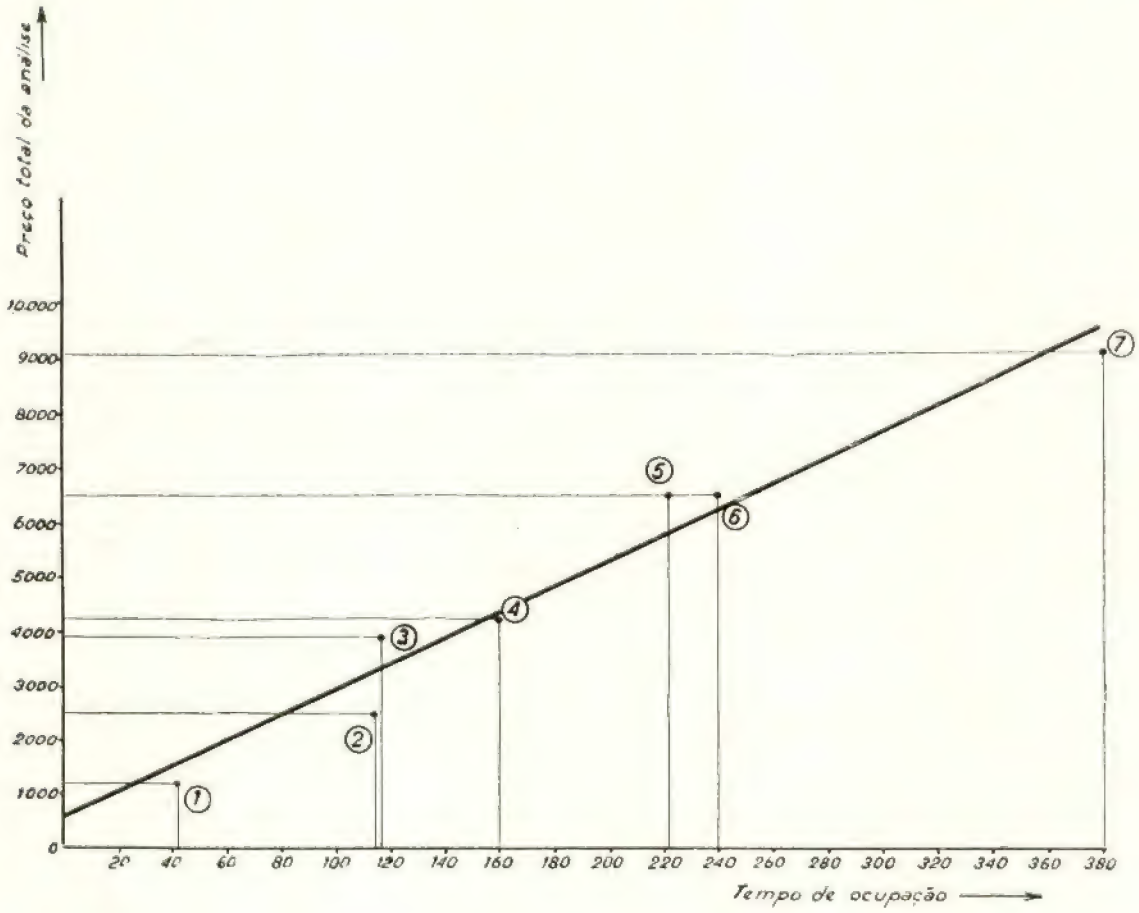


Fig. 5

No entanto, o estudo dos problemas que proporcionam a sua obtenção não é nem novo nem difícil. Deve ter-se sempre em vista que, quaisquer que sejam os índices escolhidos, a sua variação tende para uma assíntota à medida que aumenta o tempo de trabalho analítico é exclusivamente um meio e nunca um fim.

Recordamos que «é fácil saber bem, por exemplo, quanto custa numa exploração de altos fornos a análise das matérias primas por tonelada de ferro colado; seria, porém,

muito difícil chegar a um acordo sobre o valor que deve atribuir-se a uma boa exploração do forno, só possível em óptimas condições quando se têm em conta os resultados encontrados nas análises».

É isto que interessa de facto, mais que o ser um para duzentos ou um para mil a incidência da análise no preço do produto fabricado, pois não parece restar dúvida quanto à importância que tem no futuro, quer a comprovação quer a investigação, mesmo que o seu campo se restrinja a uma adaptação ao nosso meio dos progressos alheios — o que sendo tarefa mais fácil não deixa de requerer inteligência e bom senso.

. . . . . .

É posta neste pé que nos parece ter interesse uma tentativa de reorganização, tarefa sempre ingrata, nem sempre agradável sob muitos aspectos, mas cuja utilidade não parece ser fácil discutir.

TOPOGRAFIA GERAL

PELO ENGENHEIRO

CARVALHO XEREZ

EXTRACÇÃO

PELO ENG. QUÍMICO-INDUSTRIAL LUÍS A. DE ALMEIDA ALVES
Assistente do I. S. T.

(Continuação do n.º 184)

C. D. 66

6 — *Dissolventes parcialmente solúveis entre si*

I — *Diagramas ternários*

Quando os dissolventes são solúveis entre si, as condições de equilíbrio têm de ser expressas, a cada temperatura, por um diagrama ternário (fig. 9), em que D é a substância a dissolver e D_1 e D_2 os dois dissolventes.

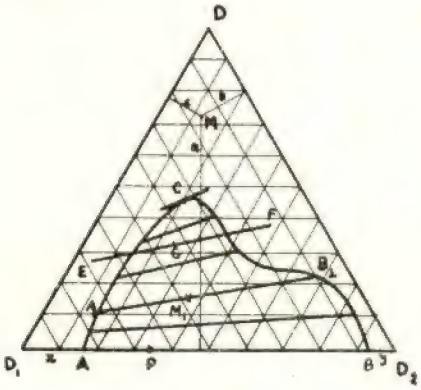


Fig. 9

Se os três constituintes formassem uma fase única (ponto M), a percentagem de cada um, determinar-se-ia, como se sabe, pela relação entre os segmentos a, b e c e a soma (a + b + c), que é sempre igual a h, sendo h a altura do triângulo.

Seria, portanto,

$$D\ \% = 100\,\frac{a}{h}$$

$$D_1\ \% = 100\,\frac{b}{h}$$

$$D_2\ \% = 100\,\frac{c}{h}$$

No caso que se está a considerar, D_1 e D_2 não são completamente solúveis entre si. Considerando o diagrama da figura 9, o segmento $D_1 A = x$ representa a solubilidade de D_2 em D_1 e $B D_2 = y$ a solubilidade de D_1 em D_2. Nestas condições, qualquer ponto P do lado $D_1 D_2$ situado entre D_1 e A ou D_2 e B representa uma fase única; mas se estiver entre A e B representa uma mistura de duas fases, cada uma das quais com a composição correspondente às soluções saturadas de D_1 em D_2 e D_2 em D_1. As quantidades Q_1 e Q_2 das duas soluções saturadas estão relacionadas pela expressão

$$\frac{Q_1}{PB} = \frac{Q_2}{PA}$$

Sendo Q a quantidade total de líquido, será, $Q_1 + Q_2 = Q$ e, portanto

$$Q_1 = Q\,\frac{\overline{PB}}{\overline{AB}}$$

$$Q_2 = Q\,\frac{\overline{PA}}{\overline{AB}}$$

Se os dois dissolventes estiverem em contacto com a substância a dissolver D, a separação entre a zona de uma fase e de duas fases varia com a percentagem de D e é estabelecida por uma curva ACB que tem o nome de *curva binodal*.

Se a mistura corresponde a um ponto M na zona homogénea, a composição determina-se como se indicou; se corresponde a um ponto M_1 na zona heterogénea, a composição das duas fases depende, evidentemente, da forma da curva binodal. As composições de cada fase correspondem aos pontos A_1 e B_1, situados na extremidade de um segmento que passa por M_1 e que tem de ser determinado experimentalmente. As quantidades de cada fase Q_1 e Q_2 serão, como no caso de só existirem os dissolventes,

$$Q_1 = Q\,\frac{M_1 B_1}{A_1 B_1}$$

$$Q_2 = Q\,\frac{M_1 A_1}{A_1 B_1}$$

(As duas fases têm o nome de conjugadas).

A todos os pontos situados sobre o segmento $A_1 B_1$ (a que se poderá chamar linha de igual composição das fases separadas, ou simplesmente linha de igual composição) [1] correspondem as mesmas composições A_1 e B_1; haverá, portanto, uma linha de igual composição para todos os pontos situados sobre a recta a que pertence esse segmento. O diagrama só fica completo, portanto, quando se conhecerem as linhas de igual composição que passam por todos os pontos. Como é impossível traçar todas essas linhas no diagrama, este só apresenta algumas delas, sendo as restantes traçadas por interpolação. Quando os pontos A_1 e B_1 coincidem no ponto C a recta de igual composição correspondente é tangente à curva binodal.

O traçado das linhas de igual composição

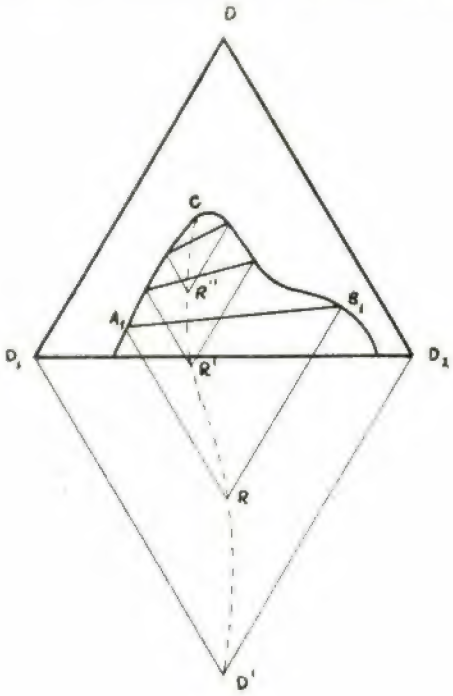


Fig. 10

por interpolação é muito pouco rigoroso. Por isso, é preferível traçá-las do seguinte modo [2]:

Conhecidas algumas delas, constrói-se um triângulo simétrico em relação à base daquele em que se estuda o diagrama ternário (fig. 10).

Por A_1 e B_1 traçam-se paralelas respectivamente a $D_1 D'$ e a $D_2 D'$, que se encontram no ponto R e procede-se do mesmo modo para as restantes linhas de igual composição. Traçando a curva que passa por D', R, R', R'' e C obtém-se uma curva chamada curva-conjugada e a partir da qual se determinam as rectas de igual composição fazendo a construção inversa.

Uma das propriedades mais importantes dos diagramas ternários é a seguinte:

Se se misturarem duas soluções correspondentes a dois pontos E e F, a composição final corresponde a um ponto G situado sobre o segmento EF de tal modo que a relação dos segmentos EG e FG é igual à relação entre as massas das soluções correspondentes respectivamente a F e a E.

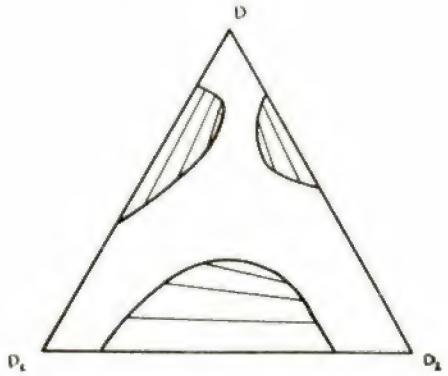


Fig. 11

O diagrama ternário pode ter aspectos diferentes do da fig. 9, podendo ter, inclusivamente, várias zonas heterogéneas como por exemplo, o diagrama da fig. 11.

Pode acontecer ainda que nenhum dos três constituintes seja completamente solúvel em qualquer dos outros dois. Neste caso haverá, também, zonas de três fases coexistentes (fig. 12).

As zonas 1, são de uma única fase, as 2 de duas fases e a 3 de três fases.

Em qualquer dos casos, o diagrama estuda-se da mesma maneira.

II — *Transformação dos diagramas ternários em binários*

A partir do diagrama ternário, é fácil estabelecer o diagrama de c_A em função de

(1) Em inglês «Tie-line».

(2) Não tem interesse justificar esta construção.

c_B, mas sendo, agora, as fases A e B constituídas pelos três constituintes.

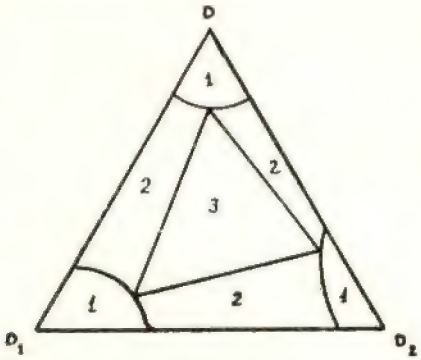


Fig. 12

Consideremos, por exemplo, o sistema D = ácido acético, D_1 = clorofórmio e D_2 = água. O diagrama é o que se representa na figura 13.

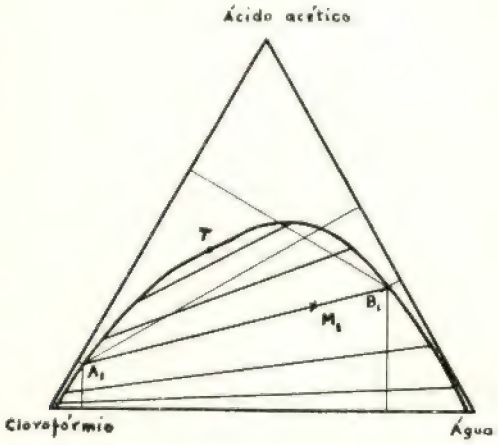


Fig. 13

Consideremos o ponto M_1. Corresponde a uma mistura de duas fases:

Uma fase A com a composição A_1 (Ácido acético: 12 %, clorofórmio: 86 % e água 2 %) e outra fase B com a composição B_1 (Ácido acético: 34 %, clorofórmio: 4 % e água: 62 %). Os valores de 12 % e de 34 %, que correspondem às percentagens de ácido acético nas fases A e B, são marcados respectivamente, como ordenada e abscissa dum ponto do diagrama binário (fig. 14).

Procedendo do mesmo modo para outros pontos, obter-se-á o diagrama da fig. 14, em que o ponto T corresponde ao ponto crítico [1].

Conhecido este diagrama que indica as percentagens em massa (ou em peso), é fácil estabelecer o diagrama das concentrações para o que basta conhecer o volume de cada uma das fases.

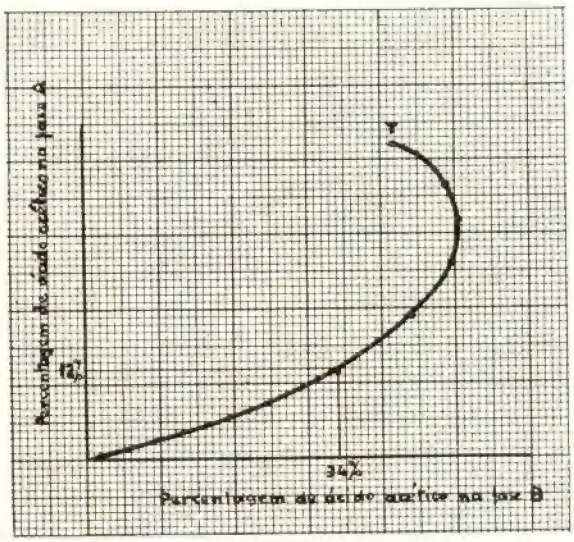


Fig. 14

Para o ponto que se determinou, ter-se-á que a densidade do conjunto será

$$\frac{0{,}12}{d_1} + \frac{0{,}86}{d_2} + \frac{0{,}02}{d_3} = \frac{1}{d_A},$$

sendo d_2, d_2 e d_3 as densidades de cada um dos constituintes, ou seja $d_1 = 1{,}082$, $d_2 = 1{,}489$ e $d_3 = 1$. Portanto.

$$d_A = 1{,}41 \quad \text{ou} \quad \rho_A = 1{,}41 \text{ grcm}^{-3}$$

A concentração c_A será, portanto, exprimindo a massa em gramas

$$c_A = \frac{m_S}{v_A} = \frac{0^{gr},12}{\dfrac{1^{gr}}{1{,}41 \text{ grcm}^{-3}}} = 0{,}12 \times 1{,}41 \text{ grcm}^{-3} = 0{,}169 \text{ grcm}^{-3}$$

[1] Deve notar-se que a cada recta de igual composição corresponde um único ponto do diagrama binário.

sendo m_S a massa de ácido acético por grama de solução e v_A o volume de solução correspondente.

Do mesmo modo,

$$\frac{0,34}{1,082} + \frac{0,04}{1,489} + \frac{0,62}{1} = \frac{1}{d_B}$$

Portanto

$$d_B = 1,04 \quad \text{ou} \quad \varrho_B = 1,04 \text{ grcm}^{-3}$$

e portanto

$$c_B = 0,34 \times 1,04 = 0,354 \text{ grcm}^{-3}.$$

Procedendo do mesmo modo para os diferentes pontos obter-se-á o diagrama da fig. 15.

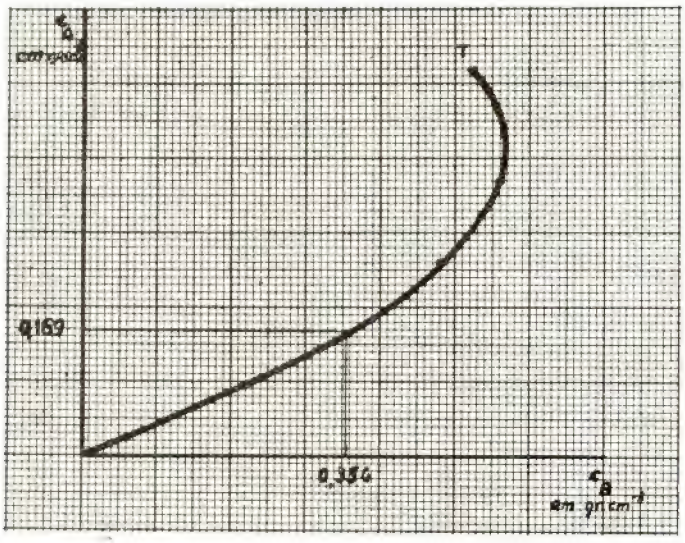


Fig. 15

O coeficiente de repartição neste caso, refere-se às concentrações de ácido acético em cada uma das fases.

7 — *Casos especiais*

Muitas vezes, acontece que os valores de m são tão pequenos ou tão grandes que é impossível fazer uma representação gráfica que seja útil quer sob a forma de diagramas ternários quer binários. Nestes casos, dão-se valores isolados de m em função de c_A e determinam-se os que forem precisos por interpolação.

8 — *Valores de m*

Os valores de m são dados quer pela análise dos diagramas ternários, quer em diagramas binários, quer, ainda em tabelas que dão valores isolados. Em qualquer dos casos, estes dados não se encontram em livros vulgares e, por isso, em geral, há necessidade de recorrer à consulta das «International Critical Tables», volume III, pág. 418 e seguintes [1].

A título de exemplo, apresentámos já o diagrama ternário ácido acético — clorofórmio — água, que transformámos em binário; apresentamos em seguida, os quadros III, IV, V e IV para quatro sistemas diferentes:

I) D = ácido sulfúrico
D_1 = álcool amílico
D_2 = água

[1] Nestas tabelas $[A]_B$ corresponde a c_A, $[A]_C$ a c_B (mas expressas em moléculas — grama por litro), k' a m e $k = \frac{1}{m}$. A simbologia adoptada nos títulos das tabelas só tem interesse para estabelecer uma ordem sistemática de consulta, o que não interessa, a não ser quando se faz um uso muito grande delas. Aliás, o critério de sistematização vem explicado no início desse volume.

QUADRO III

c_A em gr cm^{-3}	m
$0{,}0098 \times 10^{-3}$	0,0052
$0{,}0294 \times 10^{-3}$	0,0062
$0{,}0588 \times 10^{-3}$	0,0072
$0{,}1176 \times 10^{-3}$	0,0084
$0{,}166 \times 10^{-3}$	0,00915

II) D = ácido azótico
D_1 = éter etílico
D_2 = água

QUADRO IV

c_A em gr cm^{-3}	m
$0{,}0315 \times 10^{-3}$	0,0125
$0{,}0630 \times 10^{-3}$	0,0151
$0{,}1260 \times 10^{-3}$	0,0188
$0{,}315 \times 10^{-3}$	0,0285
$0{,}630 \times 10^{-3}$	0,0350
$1{,}890 \times 10^{-3}$	0,0590
$3{,}150 \times 10^{-3}$	0,0740
$4{,}410 \times 10^{-3}$	0,0860
$5{,}670 \times 10^{-3}$	0,0910

III) D = aldeído fórmico
D_1 = clorofórmio
D_2 = água

QUADRO V

c_A em gr cm^{-3}	m
$1{,}5 \times 10^{-3}$	0,025
3×10^{-3}	0,031
9×10^{-3}	0,054
15×10^{-3}	0,073
21×10^{-3}	0,089

IV) D = ácido acético
D_1 = sulfureto de carbono
D_2 = água

QUADRO VI

c_A em gr cm^{-3}	m
30×10^{-3}	0,043
36×10^{-3}	0,049
42×10^{-3}	0,055
48×10^{-3}	0,061
54×10^{-3}	0,0675
60×10^{-3}	0,0735

d) *Extracção de gases*

Em geral, os gases estão dissolvidos noutros gases e, por isso, o primeiro film é um film gasoso, e neste caso a extracção tem o nome de absorção.

Como no caso dos gases, as concentrações são proporcionais às pressões parciais, é mais cómodo exprimir as quantidades de gás solúvel que atravessa o film em função das diferenças de pressão, isto é,

$$\frac{dQ}{dt} = h_g\, a\, (p - p_i)\, d\, V\,,$$

sendo p e p_i as pressões do gás solúvel na massa do gás e na superfície de separação e tendo h_g as dimensões

$$[h_g] = \frac{[M\, T^{-1}]}{[L^{-1}] \,.\, [L^{-1}\, M\, T^{-2}] \,.\, [L^3]} = [L^{-1}\, T]$$

e

$$[h_g\, a] = [L^{-2}\, T]\,.$$

Através do film líquido, a expressão é análoga à dos casos anteriores, isto é

$$\frac{dQ}{dt} = h_l\, a\, (c_i - c)\, d\, V\,,$$

sendo c_i e c as concentrações do gás solúvel na superfície de separação e no líquido.

O equilíbrio na superfície de separação pode ser expresso por uma relação análoga à que se utiliza no caso da extracção de líquidos, isto é,

$$p_i = H\, c_i$$

sendo H um coeficiente de dimensões

$$[H] = \frac{[L^{-1} M T^{-2}]}{[M L^{-3}]} = [L^{-2} T^{-2}] .$$

O valor de H pode ser constante (lei de Henry) ou ser variável com a pressão parcial do gás e, neste caso, é preciso traçar a curva das pressões no gás, em função das concentrações no líquido.

Raciocinando como nos casos anteriores, ter-se-á:

$$p - p_i = \frac{\frac{dQ}{dt}}{h_g \; a \; d V}$$

$$c_i - c = \frac{\frac{dQ}{dt}}{h_l \; a \; d V}$$

Multiplicando a segunda por H e somando, vem:

$$p - Hc = \frac{\frac{dQ}{dt}}{d V} \left(\frac{1}{h_g a} + \frac{H}{h_l a} \right)$$

Fazendo

$$Hc = p'$$

e

$$\frac{1}{h_g a} + \frac{H}{h_l a} = \frac{1}{K_g a} ,$$

virá

$$\frac{dQ}{dt} = K_g \; a \; (p - p') \; dV ,$$

sendo K_g a constante de absorção referida ao gás.

Se se tivesse dividido a primeira equação por H, obter-se-ia

$$\frac{dQ}{dt} = K_l \; a \; (c' - c) \; d \; V ,$$

sendo,

$$\frac{1}{K_l a} = \frac{1}{H \; h_g \; a} + \frac{1}{h_l a}$$

e

$$c' = \frac{p}{H} .$$

A constante K_l a é a constante de absorção referida ao líquido.

O problema de absorção de gases será tratado em artigo separado; por isso, a partir deste ponto, trataremos, exclusivamente do problema da extracção de sólidos e líquidos.

CAPITULO III

REALIZAÇÃO PRÁTICA DA EXTRACÇÃO

a) *Generalidades*

O problema da extracção sob o ponto de vista prático terá de efectuar-se, naturalmente, reduzindo o mais possível o tempo de extracção e a qualidade de dissolvente empregado.

1) *Tempo de extracção*

I — *Extracção por contacto múltiplo*

Consideremos, de novo, o exemplo da nota da página 1019 e efectuemos a extracção em duas operações, empregando, em cada uma delas metade da quantidade total do dissolvente, e de modo a dissolver em cada fase, a mesma quantidade de substância solúvel.

Os valores numéricos deste problema são como vimos, os seguintes:

$v_A = 1110$ cm³; $m_I = 500$ gr; $(c_A)_{inicial} =$

$= 0{,}45$ grcm^{-3} e $(c_A)_{final} = 0{,}3$ grcm^{-3}.

Como se empregava um volume total de dissolvente $v_B = 835$ cm³, se, agora, a extracção se fizer em duas operações, o volume v_B empregado, em cada uma, terá de ser $v_B = 417{,}5$ cm³. Como, por outro lado, se extraem quantidades iguais em cada operação as concentrações na fase A variam de 0,45 a 0,375 grcm^{-3} na primeira e de 0,375 a 0,3 grcm^{-3} na segunda; as concentrações na fase B variam de 0 a 0,2 grcm^{-3} em qualquer das duas operações, porque se parte de dissolvente puro ($c_B = o$) e se extrai a mesma quantidade.

Para calcular o tempo de extracção em cada operação, é preciso considerar a representação gráfica para cada uma (fig. 16).

Para a primeira operação será

$$c_{B_1} = \frac{500}{417,5} = 1,2 \text{ gr cm}^{-3}$$

e

$$V = 1110 + 417,5 = 1527,5 \text{ cm}^3$$

Portanto,

$$\int_0^{c_B} \frac{dc_B}{c_{B_i} - c_B} = \left(\frac{1,78 + 3,03}{2} + 2,00 + 2,37 + \right.$$
$$\left. + 2,60\right) \times 0,05 \sim 0,46$$

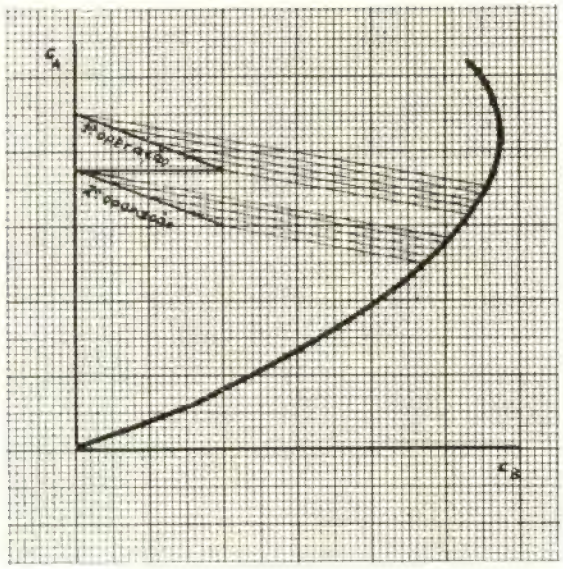


Fig. 16

Portanto

$$t_1 = \frac{500}{0,5 \times 10^{-3} \times 1,2 \times 1527,5} \int_0^{c_B} \frac{dc_B}{c_{Bi} - c_B}$$

O integral terá de ser calculado, gràficamente (quadro VII).

QUADRO VII

c_B em gr cm^{-3}	c_{Bi} em gr cm^{-3}	$\frac{1}{c_{Bi} - c_B}$
0	0,560	1,78
0,05	0,550	2,00
0,10	0,540	2,27
0,15	0,535	2,60
0,20	0,530	3,03

A curva $\frac{1}{c_{B_i} - c_B}$ em função de c_B é a da fig. 17.

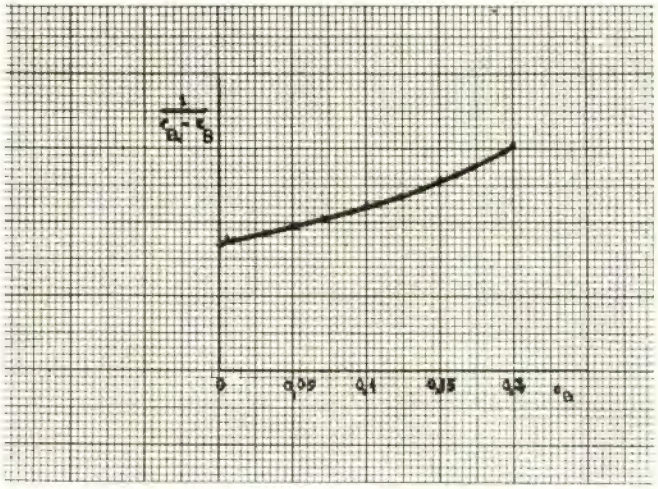


Fig. 17

e $\quad t_1 = 545 \times 0,46 = 251$ segundos.

Para a segunda operação a massa m_1 será

$$m_1 = 500 - 0,2 \times 417,5 = 500 - 83,5 = 416,5 \text{ gr},$$

$$c_{B_1} = \frac{416,5}{417,5} \sim 1 \text{ gr cm}^{-3},$$

e o volume V pode supor-se, igual ao anterior, isto é

$$V = 1527{,}5 \text{ cm}^3 \text{ (}^1\text{)}$$

Para o cálculo do integral, utilizar-se-á o quadro VIII

QUADRO VIII

c_B em gr cm^{-3}	c_{Bi} em gr cm^{-3}	$\frac{1}{c_{Bi} - c_B}$
0	0,500	2,00
0,05	0,490	2,27
0,10	0,480	2,63
0,15	0,475	3,08
0,20	0,470	3,7

A curva $\frac{1}{c_{Bi} - c_B}$ em função de c_B é a da fig. 8.

Portanto,

$$\int_0^{c_B} \frac{d\, c_B}{c_{Bi} - c_B} = \left(\frac{2{,}0 + 3{,}7}{2} + 2{,}27 + 2{,}63 + \right.$$

$$\left. + 3{,}08\right) \times 0{,}05 = 0{,}54$$

e

$$t_2 = \frac{416{,}5}{0{,}5 \times 10^{-3} \times 1 \times 1527{,}5} \times 0{,}54 =$$

$$= 295 \text{ segundos.}$$

A segunda operação é um pouco mais demorada do que a primeira, mas os tempos podem tornar-se iguais desde que a quantidade extraída na primeira operação seja um pouco superior à da segunda; se a primeira operação for até $c_B \sim 0{,}21$ e a segunda até $c_B \sim 0{,}19$, tem-se um tempo comum aproximado de

$$t = 270 \text{ segundos}$$

O tempo total será duplo, isto é, a extracção levará, ao todo, 540 segundos, que é, portanto, superior aos 428 segundos que se tinham calculado para uma simples operação, e, por isso, parece não haver vantagem em fazer a extracção em duas operações.

De facto, assim não é, porque as duas operações podem fazer-se simultâneamente, efectuando-se a segunda sobre uma mistura na qual se tivesse já efectuado a primeira (que tem o nome de 1.º resíduo) e, simultâneamente, realizando a primeira sobre uma nova porção de mistura.

Na prática este sistema tem o nome de extracção por contacto múltiplo e corresponde ao esquema da figura 19.

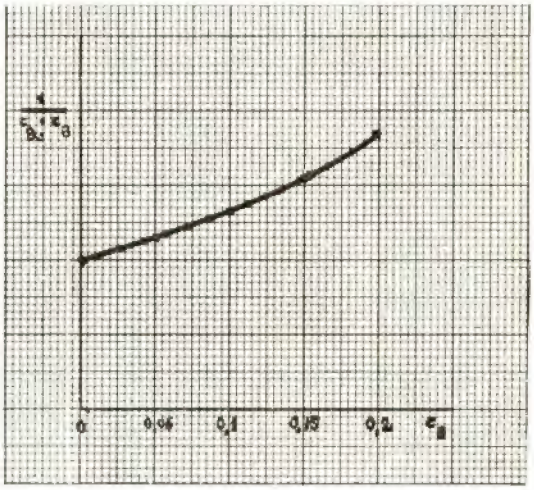


Fig. 18

É evidente que o número de extractores, designado pelo nome de andares, pode ser superior a dois.

II — *Extração em contra corrente*

O método de extracção por contacto múltiplo tem o defeito de dar soluções muito diluidas (que têm o nome de extractos) e, por isso exige grandes quantidades de dissolvente.

O aproveitamento pode ser melhor desde que se utilize o extracto da 2.ª operação para efectuar a 1.ª Este método constitui o de contra-corrente que se efectua segundo o esquema da figura 20 que aliás, se obtém, fàcilmente a partir do da figura 19.

Neste caso, também, o número de andares pode ser superior a dois.

(1) O valor de V não é constante, evidentemente, visto que parte da substância solúvel se dissolveu. No entanto, a consideração de V = constante, não introduz erro apreciável; mais adiante, no entanto, veremos qual o erro introduzido.

Analisemos a extracção em contra-corrente, sob o ponto de vista de tempo de extracção, admitindo, como no caso anterior que, em cada andar se extrai a mesma

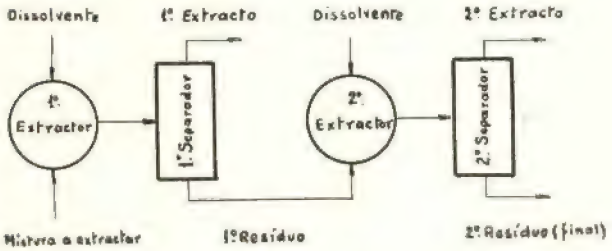


Fig 19

quantidade. Como o dissolvente tem de passar por todos os andares, faz-se entrar, no último andar, a quantidade total, que no exemplo que se tem considerado é $v_B = 835\ cm^3$. Se a extracção se efectua em partes iguais nos dois andares, os valores de c_B a obter serão $c_B = 0{,}1$ e $c_B = 0{,}2$ respectivamente no segundo e primeiro andares.

No segundo andar será $(c_A)_{inicial} = 0{,}45$, $(c_A)_{final} = \frac{500 - 83{,}5}{1100} = 0{,}375\ gr\,cm^{-3}$ e $c_{Bi} = 0{,}6\ grcm^{-3}$; no primeiro, $(c_A)_{inicial} = 0{,}375\ grcm^{-3}$, $(c_A)_{final} = 0{,}3\ gr\,cm^{-3}$ e $c_{Bi} = \frac{416{,}5}{835} \sim 0{,}5\ gr\,cm^{-3}$.

Em qualquer dos casos será $V = 1945\ cm^3$

Estas condições são expressas no diagrama da fig. 20.

O integral I_2 do segundo andar calcular-se-á a partir dos valores do quadro IX.

QUADRO IX

c_B em gr cm−3	c_{Bi} em gr cm−3	$\frac{1}{c_{Bi} - c_B}$
0	0,50	2,00
0,025	0,49	2,15
0,05	0,48	2,33
0,075	0,47	2,53
0,10	0,46	2,78

A curva $\frac{1}{c_{Bi} - c_B}$ em função de c_B será dada na fig. 22.

Portanto

$$I_2 = \int_0^{c_{Bi}} \frac{dc_B}{c_{Bi} - c_B} =$$

$$(2{,}39 + 2{,}15 + 2{,}33 + 2{,}53) \times 0{,}025 = 0{,}235$$

e

$$t_1 = \frac{500}{0{,}5 \times 10^{-3} \times 0{,}5 \times 1945} \times$$

$$\times 0{,}235 = 201 \text{ segundos}$$

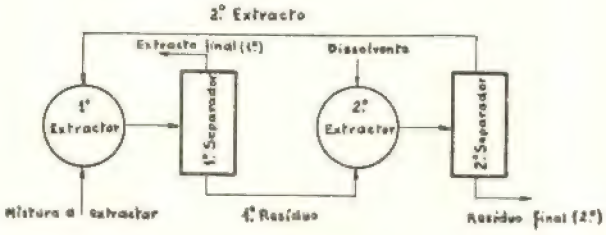


Fig. 20

Para o 1.º andar, será

QUADRO X

c_B em gr cm−3	c_{Bi} em gr cm−3	$\frac{1}{c_{Bi} - c_B}$
0,1	0,565	2,15
0,125	0,555	2,33
0,15	0,545	2,53
0,175	0,540	2,74
0,2	0,535	2,98

A partir do quadro X constrói-se o gráfico da figura 23.

Portanto

$$I_2 = (2{,}56 + 2{,}33 + 2{,}53 + 2{,}74) \times$$

$$\times 0{,}025 = 0{,}254$$

$$t_2 = \frac{416{,}5}{0{,}5 \times 10^{-3} \times 0{,}5 \times 1945} \times 0{,}254 = 228 \text{ segundos.}$$

Como os dois andares trabalham simultâneamente, verifica-se, deste modo que o tempo de extracção é ainda inferior ao do contacto múltiplo.

2) *Quantidade de dissolvente empregado*

Em geral, a operação de extracção tem por objectivo fazer uma separação tanto quanto possível, completa do constituinte solúvel. Suponhamos que no exemplo que

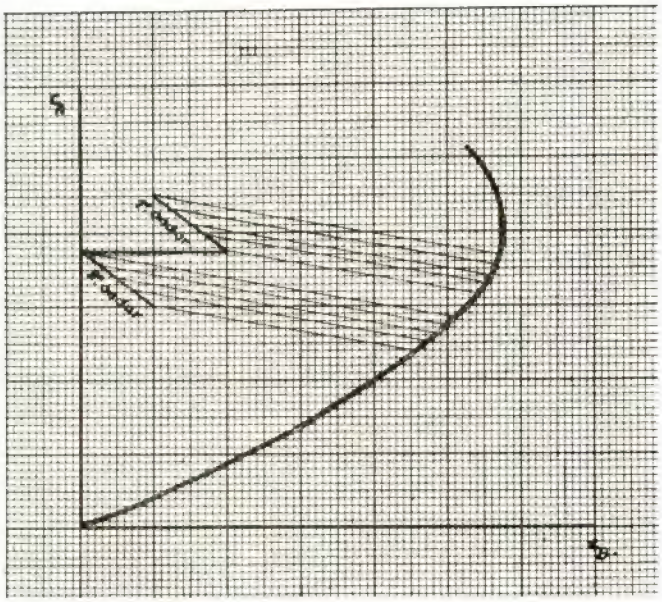


Fig. 21

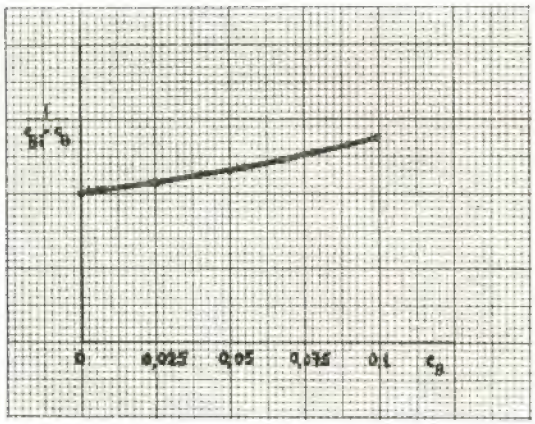


Fig. 22

tem sido considerado se pretende atingir a concentração $c_A = 0{,}05$ gr cm^{-3}.

Esta concentração corresponde, no equilíbrio ao ponto A do diagrama (fig. 24) para o qual $c_B = 0{,}12$ gr cm^{-3}. Quando a concentração c_A passa de 0,45 a 0,05 gr cm^{-3}, a quantidade que se dissolve é igual a $500 - 0{,}05 \times 1100 = 444$ gr; para que esta concentração corresponda a $c_B = 0{,}12$ gr cm^{-3} terá de ser

$$v_B = \frac{444{,}5}{0{,}12} = 3710 \text{ cm}^3 \quad (^1)$$

Vejamos, agora, o que se passa por contacto múltiplo e em contra corrente.

I) *Contacto múltiplo*

O primeiro andar corresponde ao equilíbrio no ponto B para o qual $c_B = 0{,}47$ gr cm^{-3} e $c_A = 0{,}25$ gr cm^{-3}. A quantidade que se dissolveu foi de $500 - 0{,}25 \times 1110 = 222$ gr, para o que é necessário um volume $v_B = 473$ cm^3.

No segundo andar, a redução é também de 222 gr; como $c_B = 0{,}12$ gr cm^{-3}, o volume será $v_B = 1850$ cm^3.

Vê-se, deste modo, que o volume a empregar em cada andar é muito diferente; para os volumes serem iguais é preciso

(1) O valor de v_B tem de ser maior visto que o tempo para atingir o equilíbrio é infinito e portanto terá de se obter uma concentração em c_B, inferior à correspondente ao equilíbrio.

procurar, por tentativas, [1] qual o ponto correspondente do diagrama. Este ponto é aproximadamente o ponto C para o qual $c_A = 0{,}155$ gr cm^{-3} e $c_B = 0{,}34$ gr cm^{-3}.

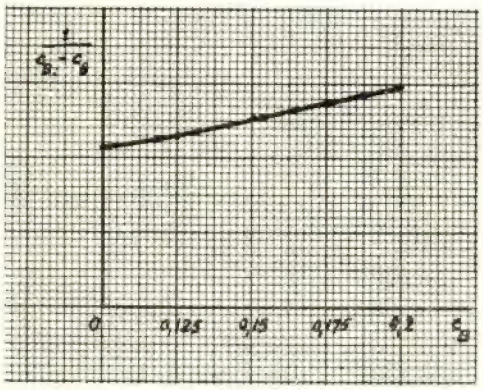


Fig. 23

Os volumes de dissolvente calculados para cada andar serão

Para o primeiro andar:

$$v_B = \frac{500 - 0{,}155 \times 1110}{0{,}34} =$$

$$= \frac{500 - 172}{0{,}34} = 965 \text{ cm}^3$$

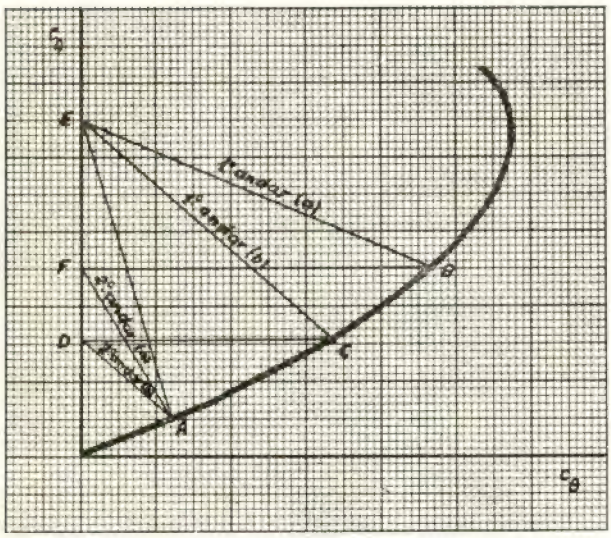


Fig. 24

[1] Como veremos, este ponto não terá de ser determinado por tentativas, mas de modo tal que os segmentos AD e EC sejam paralelos.

Para o segundo andar:

$$v_B = \frac{172 - 0{,}05 \times 1110}{0{,}12} =$$

$$= \frac{172 - 55{,}5}{0{,}12} = 970 \text{ cm}^3$$

O volume total de dissolvente será, portanto 1935 cm^3, aproximadamente metade do caso de um único andar.

II) *Contra-corrente*

Se no segundo andar se atingir a concentração $c_A = 0{,}05$ e $c_B = 0{,}12$ gr cm^{-3}, as condições iniciais, no primeiro são de $c_A = 0{,}45$ e $c_B = 0{,}12$ gr cm^{-3}.

Supondo que nos dois andares se extrai a mesma quantidade, obter-se-ão os pontos A' e B' (fig. 25).

O volume necessário, no segundo andar, será, como no caso anterior, $v_B = 1850$ cm^3; se este volume passar ao primeiro andar já contém uma massa de substância solúvel igual a $0{,}12 \times 1850 = 222$ gr; como tem de dissolver mais 222 gramas ficará com 444 gr o que corresponde a uma concentração $c_B = \frac{444}{1850} = 0{,}238$ gr cm^{-3}.

Como a concentração correspondente a $c_A = 0{,}25$ gr cm^{-3} é $c_B = 0{,}47$ gr cm^{-3}, o volume do dissolvente é exagerado.

A quantidade a empregar será calculada, também, a partir do ponto C' que se determina por tentativas [1]. Este ponto corresponde, aproximadamente a $c_A = 0{,}175$ e $c_B = 0{,}38$ gr cm^{-3}. Com efeito, ter-se-á:

Para o 2.° andar:

$$\frac{0{,}175 \times 1110 - 55{,}5}{0{,}12} = \frac{194{,}5 - 55{,}5}{0{,}12} =$$

$$= \frac{139}{0{,}12} = 1160 \text{ cm}^3$$

[1] Como no caso anterior o ponto C' é determinado como veremos, de modo que os segmentos A'D' e C'E' sejam paralelos.

Para o 2.º andar:

$$\frac{0{,}12 \times 1160 + (500 - 0{,}175 \times 1110)}{0{,}38} =$$

$$= \frac{444\,(^1)}{0{,}38} = 1170 \text{ cm}^3$$

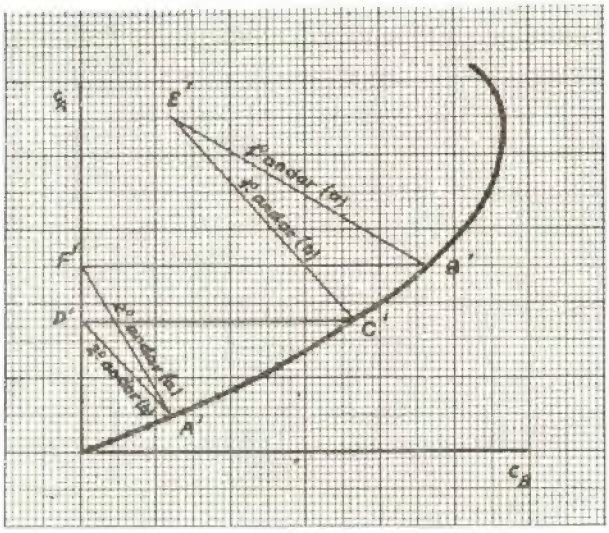


Fig. 25

Neste caso, como se vê o consumo de dissolvente é mínimo.

3 — *Considerações gerais*

Os resultados a que se chegou no problema anterior, foram estabelecidos sobre um exemplo, a fim de se tornarem mais claros, mas generalizam-se a qualquer problema de extracção de sólidos ou de líquidos. Por isso pode concluir-se que a extracção deverá, sempre, fazer-se ou por contacto múltiplo ou em contra-corrente, mas preferìvelmente em contra-corrente. A determinação do número de andares, faz-se, muito fàcilmente, no caso geral, como se indica a seguir.

(1) O numerador tem de ser 444 gr, como no caso em que se extraiam quantidades iguais nos mesmos andares, visto que representa a quantidade total que se dissolve e que se pode calcular, evidentemente pela expressão

$$1110 \times (0{,}45 - 0{,}05 = 444 \text{ gr}$$

I — *Extracção por contacto múltiplo*

α — *Extracção de líquidos*

O número de andares será determinado, evidentemente, a partir do volume de dissolvente a empregar e das composições inicial e final.

Como se viu, anteriormente, a recta que relaciona c_A e c_B é da forma

$$c_A = -\frac{v_B}{v_A} c_B + \frac{m_1}{v_A}$$

sendo v_A e v_B os volumes das duas fases e m_1 a massa de substância solúvel existente na fase A à entrada de cada andar.

Admitamos, como no exemplo considerado, que v_A e v_B são aproximadamente constantes e sejam ($c_A = c_{Ao}$; $c_B = 0$) e ($c_A = c_{An}$; $c_B = c_{Bn}$), as composições inicial e final. Admitamos, ainda, que se consegue atingir o equilíbrio com relativa facilidade, o que pode ser considerado pràticamente, como verdadeiro.

Fixada a relação $\frac{v_B}{v_A}$ será $\operatorname{tg} \delta = \frac{v_B}{v_A}$; portanto, no caso da figura 26 serão necessários quatro andares. O facto de $\operatorname{tg} \delta = \frac{v_B}{v_A}$ ser constante explica o paralelismo dos segmentos que determinam as composições em cada andar, a que anteriormente se tinha feito referência.

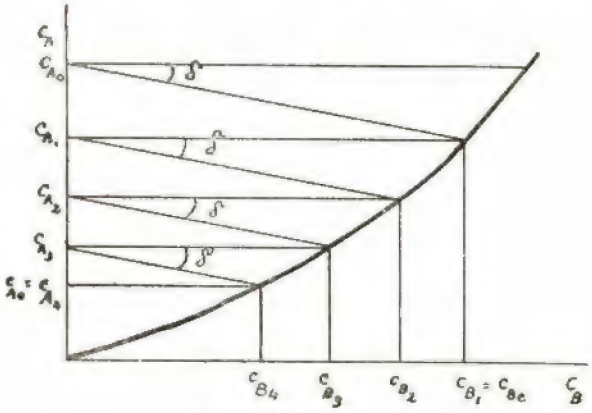


Fig. 26

β — *Extracção de sólidos*

Neste caso, como vimos, o dissolvente penetra nos poros do sólido, onde se admite

que o tempo de contacto é suficiente para que a parte solúvel se dissolva totalmente [1]. Nestas condições, a mistura extractada é constituída pela parte insolúvel, contendo, nos poros, uma certa quantidade de extracto com composição igual à do extracto que se retira. Este problema será estudado mais adiante

II — *Extracção em contra corrente*

α — Extracção de líquidos

Admitamos ainda que v_A e v_B são constantes e consideremos a figura 25. Esta figura difere da figura 24 porque a concentracão c_B só é nula à entrada do último andar, e vai crescendo à medida que a extracção se aproxima do 1.º andar; por isso, a equação da recta

$$c_A = -\frac{v_B}{v_A} c_B + \frac{m_1}{v_A} ,$$

deixa de ser válida porque a ordenada na origem $\frac{m_1}{v_A}$ passa a ser maior. Se for m_2 a massa existente no segundo dissolvente será

$$c_A = -\frac{v_B}{v_A} c_B + \frac{m_1 + m_2}{v_A}$$

No entanto, o coeficiente angular mantém-se e portanto as rectas são todas paralelas; sendo assim a determinação gráfica do número de andares é imediata (fig. 27).

Sejam $c_A = c_{A0}$ e $c_A = c_{An}$ os valores inicial e final de c_A e $\operatorname{tg} \delta = \frac{v_B}{v_A}$.

Consideremos o último andar, em que c_B varia entre O e c_{Bn} [2] e c_A entre c_{An-1} e c_{An}, sendo c_{An-1} obtida pela recta de inclinação $\operatorname{tg} \delta$, a partir do ponto (c_{Bn}, c_{An}).

A concentração c_{An-1} é a concentração obtida no penúltimo andar, por meio de um dissolvente no qual $c_B = c_{Bn}$, que foi a concentração obtida no último andar. Traçando a recta de inclinação $\operatorname{tg} \delta$ que passa pelo ponto de equilíbrio correspondente c_{An-1} obtém-se o ponto S que corresponde à composição inicial no penúltimo andar ($c_A = c_{An-2}$ e $c_B = c_{Bn}$). Procedendo do mesmo modo, obtêm-se os pontos T e U que correspondem às composições no primeiro e segundo andares.

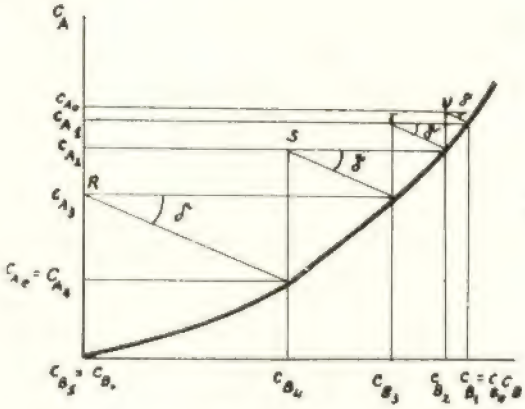


Fig. 27

No primeiro andar será $c_A = c_{A0}$ e $c_B = c_{B1} = c_{Be}$. O número de andares fica determinado, no caso geral, quando se atingir c_{A0}.

β — Extracção de sólidos

O problema será tratado mais adiante, como, como no caso da extracção por contacto múltiplo.

b) *Determinação prática do número de andares*

Nos cálculos práticos, em geral, é costume exprimir as quantidades de substância solúvel não em concentrações nos dissolventes mas em peso por unidade de peso do dissolvente (quilogramas por quilograma) ou em massa por unidade de massa (gramas por grama).

1 — *Extracção de líquidos*

Neste caso, é habitual marcar em abscissas os pesos de substância solúvel x por unidade de peso do primeiro dissolvente (correspondente à fase A) e em ordenadas os pesos de substância solúvel y por uni-

(1) Se $c_1 > c_0$, obter-se-á uma solução saturada e, portanto, a parte solúvel não se dissolve totalmente.

(2) Na figura 27, $n = 4$.

dade de peso do segundo dissolvente (correspondente à fase B).

Nestas condições, a curva de equilíbrio correspondente aos exemplos que temos considerado, toma o aspecto da figura 28.

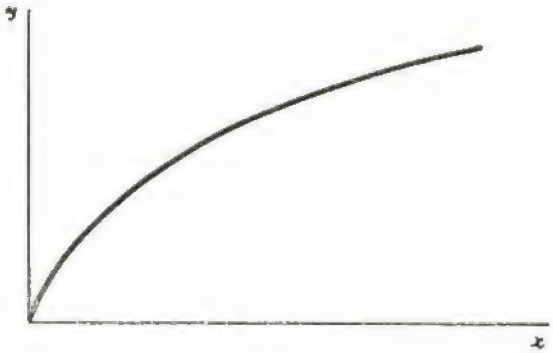


Fig. 28

Nestas condições, será

$$c_A = \frac{m_{s_1}}{v_A} = \frac{m_{s_1}}{\frac{m_{d_1} + m_{s_1}}{\rho_1}} = \rho_1 \frac{\frac{m_{s_1}}{m_{d_1}}}{1 + \frac{m_{s_1}}{m_{d_1}}} = \rho_1 \frac{x}{1+x}$$

sendo m_{d_1} e m_{s_1} as massas do primeiro dissolvente e da substância solúvel existente nele e ρ_1 a massa específica da fase A.

Do mesmo modo

$$c_B = \rho_2 \frac{\frac{m_{s_2}}{m_{d_2}}}{1 + \frac{m_{s_2}}{m_{d_2}}} = \rho_2 \frac{y}{1+y}$$

sendo ρ_2 a massa específica da fase B e m_{d_2} e m_{s_2} as massas do segundo dissolvente e da substância solúvel nele contido.

A equação das rectas

$$c_A = -\frac{v_B}{v_A} c_B + \frac{m_1 + m_2}{v_A},$$

tomará o aspecto

$$\rho_1 \frac{x}{1+x} = -\frac{\frac{m_{s_2} + m_{d_2}}{\rho_2}}{\frac{m_{s_1} + m_{d_1}}{\rho_1}} \rho_2 \frac{y}{y+1} + \frac{m_1 + m_2}{\frac{m_{s_1} + m_{d_1}}{\rho_1}},$$

ou

$$(m_{s_1} + m_{d_1}) \frac{x}{1+x} = -(m_{s_2} + m_{d_2}) \frac{y}{y+1} + (m_1 + m_2)$$

Mas, como

$$m_{s_1} = x\, m_{d_1} \text{ e } m_{s_2} = y\, m_{d_2},$$

e, por outro lado,

$$m_1 = x_0\, m_{d_1} \text{ e } m_2 = y_0\, m_{d_2}$$

(sendo m_1 e m_2 as massas iniciais, em cada andar da substância solúvel nos dois dissolventes e x_0 e y_0 as respectivas fracções), será

$$m_{d_1} x = -m_{d_2} y + m_{d_1} x_0 + m_{d_2} y_0,$$

ou

$$y = -\frac{m_{d_1}}{m_{d_2}} x + \left(\frac{m_{d_1}}{m_{d_2}} x_0 + y_0\right)$$

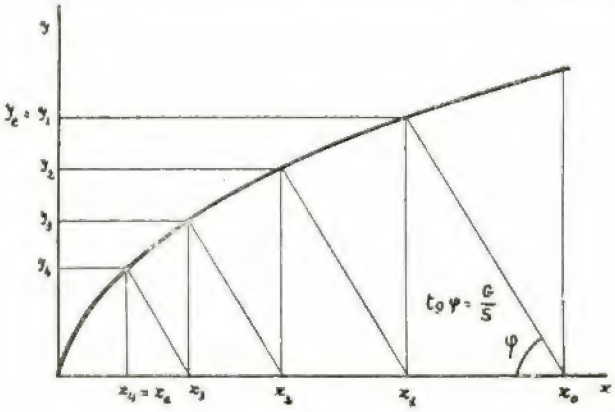
Representando m_{d_1} por G e m_{d_2} por S, fica,

$$y = -\frac{G}{S} x + \left(\frac{G}{S} x_0 + y_0\right),$$

ou ainda

$$S = G \left(\frac{x_0 - x}{y - y_0}\right)^{(1)}$$

O coeficiente angular que era $\operatorname{tg} \delta = \frac{v_B}{v_A}$ passsa a ser, agora, $\operatorname{tg} \varphi = \frac{H}{S}$ e é esta a inclinação a dar aos segmentos que intervêm na determinação do número de andares.



Fig, 29

I — *Extracção por contacto múltiplo*

Neste caso, a determinação do número de andares, correspondente à fig. 26 é a que se indica na figura 29.

(1) Esta relação e todas as relações análogas que se seguem são evidentes porque se referem ao balanço das massas em presença, isto é, exprimem que as quantidades que entram são iguais às que saem.

II — *Extracção em contra corrente*

Neste caso a figura correspondente à 27 é a figura 30.

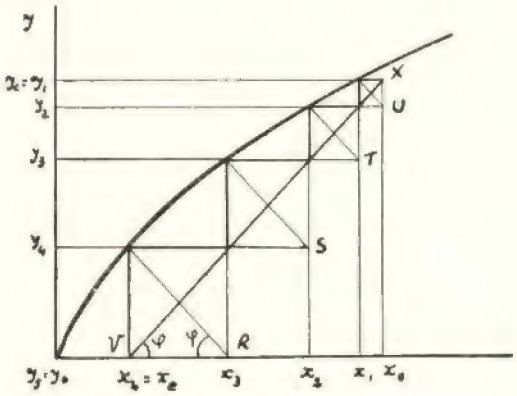


Fig. 30

A construção, neste caso, pode simplificar-se notando que se forma uma série de paralelogramos cujas diagonais formam com a base um ângulo tal que $\operatorname{tg} \varphi = \frac{G}{S}$. Sendo assim, as diagonais correspondentes aos vértices comuns estão em linha recta e constituem o segmento VX. Este segmento tem o nome linha operatória (operating-line) e as suas extremidades são

$$V\ (x_n = x_e\ ,\ y_{n+1} = y_o \text{ e } X\ (x_o\ ,\ y_e).$$

O segmento VX terá, portanto, a equação

$$y_{n+1} - y_e = \frac{G}{S}\,(x_n - x_o)\ ,$$

ou

$$y_{n+1} = y_e + \frac{G}{S}\,(x_n - x_o)$$

que é a equação usual da linha operatória

Esta expressão pode escrever-se do seguinte modo:

$$y_{n+1} + 1 = \frac{G}{S}\,[(x_n + 1) - (x_0 + 1)] + \\ + (y_e + 1)\ ,$$

ou

$$S\,y_{n+1} + S = (G\,x_n + G) - (G_{x0} + G) + \\ + (Sy_e + S)\ ,$$

ou ainda

$$[(m_{s2})_{n+1} + S] = [(m_{s1})_n + G] - [(m_{s1})_0 + G] + \\ + [(m_{s2})_e + S]\ ,$$

tendo m_{s1} e m_{s2} os significados anteriores.

As somas consideradas dentro de cada parêntesis recto representam as massas totais das duas fases, correspondentes aos índices indicados. Representando por H as massas da fase A e por L as da fase B, ter-se-á

$$(m_{s2})_{n+1} + S = L_{n+1}$$
$$(m_{s1})_n + G = H_n$$
$$(m_{s1})_0 + G = H_0$$
$$(m_{s2})_e + S = L_e$$

e, portanto,

$$L_{n+1} + H_o = H_n + L_e\ ,$$

o que exprime que a soma da massa da mistura inicial com a do extracto do andar (n + 1) é igual à soma da massa da mistura extractada que sai do andar n, com a do extracto final (que é o do primeiro andar). Em particular, se houver n andares, L_{n+1} é a massa do dissolvente puro e H_n a da mistura no fim da extracção.

Portanto,

$$L_o + H_o = H_e + L_e\ .$$

II — *Diagramas ternários*

Quando os dissolventes não são completamente imiscíveis o número de andares tem de ser determinado a partir dos diagramas ternários.

α — *Extracção por contacto múltiplo*

Consideremos o diagrama ternário dos componentes D, D_1 e D_2 (fig. 31) e suponhamos que se conhecem as quantidades S_o, S_1, S_2... de dissolvente empregado em cada andar.

Suponhamos que a composição inicial é dada pelo ponto P_o e a final pelo ponto P_n e que a massa inicial da mistura a extractar é H_o.

A mistura obtida tem uma composição dada pelo ponto M_1 que, como se sabe, está sobre o segmento $P_0\ D_2$ e em posição tal que

$$\frac{M_1\ P_0}{M_1\ D_2} = \frac{S_0}{H_0}\ ,$$

sendo S_0, como vimos, a massa do dissolvente empregada no primeiro andar.

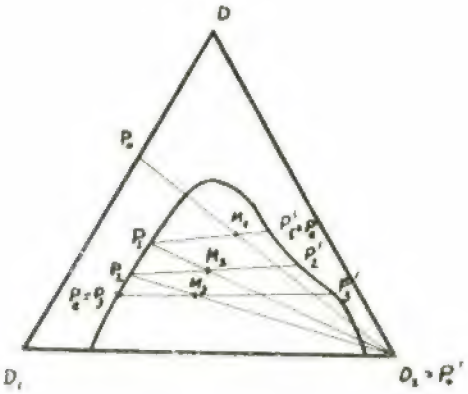


Fig. 31

Em geral, o ponto M_1 está situado na zona heterogénea e, por isso as fases A e B que se separam têm as composições correspondentes aos pontos P_1 e P'_1 situados nas extremidades da linha de igual composição que passa por M_1.

As quantidades H_1 e L_1 das fases A e B que se formam serão, como se sabe

$$H_1 = (H_0 + S_0)\frac{M_1\ P'_1}{P_1\ P'_1}$$

$$L_1 = (H_0 + S_0)\frac{M_1\ P_1}{P_1\ P'_1}$$

A composição à saída do segundo andar será dada pelo ponto M_2 situado sobre o segmento $D_2\ P_1$, de tal modo que

$$\frac{M_2\ P_1}{M_2\ D_2} = \frac{S_1}{H_1}\ ,$$

sendo S_1 a massa do dissolvente empregado no segundo andar.

A partir de M_2 determinam-se P_2 e P'_2 obtendo-se as seguintes quantidades das fases A e B

$$H_2 = (H_1 + S_1)\frac{M_2\ P'_2}{P_2\ P'_2}$$

$$L_2 = (H_1 + S_1)\frac{M_2\ P_2}{P_2\ P'_2}$$

O raciocínio prossegue até se atingirem os pontos P_n e P'_n, aos quais correspondem as quantidades

$$H_n = (H_{n-1} + S_{n-1})\frac{M_n\ P'_n}{P_n\ P'_n}$$

$$L_n = (H_{n-1} + S_{n-1})\frac{M_n\ P_n}{P_n\ P'_n}\ .$$

No caso da figura 31, tem-se $n = 3$.

β — *Extracção em contra-corrente*

Neste caso, no último andar, utiliza-se dissolvente puro em quantidade igual a $S_0 = L_{n+1}$; nos andares anteriores, a extracção efectua-se sucessivamente com extractos de composições P'_n, P'_{n-1}, .. e P'_2, e em quantidades L_n, L_{n-1}, . . . e L_2.

Consideremos o diagrama da fig. 32.

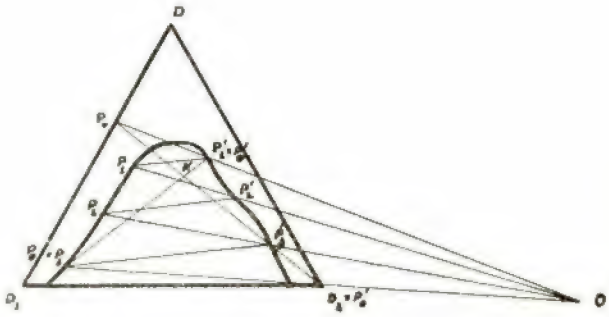


Fig. 32

Supondo que se misturavam directamente L_{n+1} e H_o, a composição de mistura obtida seria representada pelo ponto K tal que, como se sabe

$$\frac{K\ D_2}{K\ P_o} = \frac{H_o}{L_{n+1}}$$

Mas atendendo à relação

$$L_{n+1} + H_0 = H_n + L_1 \text{ (1)} ,$$

a composição que se obtém é a mesma quer se misture L_{n+1} com H_0 quer H_n com L_1. Portanto, a recta $H_n L_1$ deve passar por K, e como H_n é fixado, L_1 determina-se unindo H_n e K. Portanto,

$$\frac{K P'_1}{K P_n} = \frac{H_n}{L_1} ,$$

e

$$L_1 = H_n \frac{K P_n}{K P'_1} \text{ (2)}$$

Os pontos P_1 é P'_n são fixados traçando as linhas de igual composição que passam por P'_1 e P^n.

Deve notar-se, porém, que a fixação destas composições não diz nada quanto às massas de cada fase que se obtêm. Por isso, para prosseguir o problema, é necessário procurar outras relações.

Consideremos a relação fundamental

$$L_{n+1} + H_0 = H_n + L_1 .$$

Aplicando esta relação a um único andar, será

$$L_{n+1} + H_{n-1} = H_n + L_n ,$$

visto que o índice o será agora (n — 1) e, portanto, o índice 1 corresponde a n.

Ter-se-á, pois,

$$L_{n+1} - H_n = L_n - H_{n-1} = F$$

Conclui-se, portanto, que a diferença entre as massas do dissolvente que entra em cada andar (com a composição obtida no andar seguinte) e da mistura extractada que sai desse andar, é constante.

Será, portanto

$$L_{n+1} = H_n + F$$
$$L_n = H_{n-1} + F ,$$

qualquer que seja o valor de n.

Nestas condições, pode imaginar-se que o dissolvente que entra em qualquer andar se poderia obter pela mistura extractada que sai desse andar, com uma mistura de composição fictícia, e com uma massa F. Mas, sendo assim, a composição de F tem de existir na recta que une P_n com P'_{n+1} e na que une P_{n-1} com P'_n, qualquer que seja n, e, por isso, todas estas rectas se encontram num ponto comum O, chamado ponto operatório (fig. 32).

Este ponto determina-se pela intersecção das rectas $\overline{P_n P'_{n+1}}$ (no exemplo, $\overline{P_3 P'_4}$ ou $\overline{P_3 D_2}$) e $\overline{P_0 P'_4}$ e como está localizado fora do triângulo, é evidente que tem um significado puramente geométrico. Determinado o ponto O, une-se com P_1 e determina-se P'_2; traçando a linha de igual composição que passa por P'_2, obtém-se P_2; unindo P_2 com O fixa-se P'_3 e prossegue-se a construção até se atingir ou exceder P_n.

Pode utilizar-se um método diferente que consiste em transformar o diagrama ternário em binário pelo processo já conhecido, e em seguida, traçar, ao acaso, várias rectas pelo ponto O que cortem a curva binodal em 2 pontos que se podem designar genèricamente, por P_{n-1} e P'_n. A partir do ponto P_{n-1} determina-se a concentração do constituinte solúvel na fase A à saída do andar n — 1 (c_{An-1}) e a partir de P'_n a concentração do

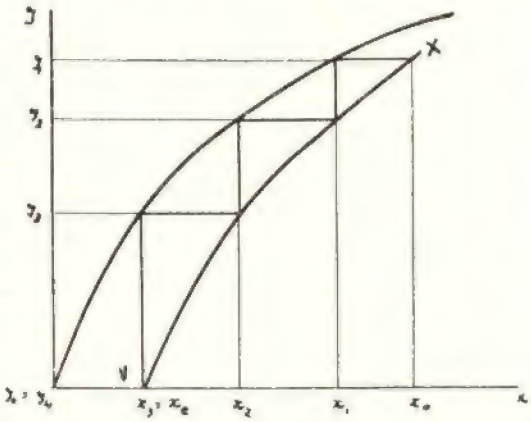


Fig. 33

constituinte solúvel na fase B à entrada do mesmo andar (c_{Bn}). Transformando estas concentrações nas variáveis x — y, obtém-se um ponto (x_{n-1}, y_n), que, como se vê na fig. 33,

(1) Esta relação foi deduzida para o caso de dissolventes miscíveis mas é evidente que subsiste no caso de serem miscíveis visto que representa um balanço de todas as massas em presença.

(2) No exemplo da fig. 32, n = 3.

representa um ponto da linha operatória. Determinando vários pontos por este processo, obtém-se a linha operatória para o caso que se considera e determina-se o número de andares como no caso dos constituintes imiscíveis visto que a linha de equilíbrio já foi traçada também. Deve notar-se que no caso de constituintes miscíveis entre si a linha operatória já não é recta.

Esta construção mostra claramente que se os pontos P_{n-1} e P'_n estiveram nas extremidades duma linha de igual composição, a extracção cessa, porque, neste caso, o ponto (x_{n-1}, y_n) está sobre a curva do equilíbrio.

2) *Extracção de sólidos*

I — *Relações fundamentais*

Como atrás se disse, admite-se que, em cada andar, a parte solúvel se dissolve completamente e, portanto, basta estudar o extracto que sai em cada andar e a parte dele que fica retida nos poros do sólido a extractar.

Consideremos a relação deduzida anteriormente que é válida qualquer que seja o método da extracção,

$$L_n + H_n = L_{n+1} + H_{n-1} ,$$

representando, neste caso, por L as massas dos extractos retirados e por H as massas dos extractos aderentes ao sólido.

Dividindo ambos os membros pela massa M da parte insolúvel do sólido ter-se-á

$$\frac{L_n}{M} + \frac{H_n}{M} = \frac{L_{n+1}}{M} + \frac{H_{n-1}}{M}$$

É costume fazer

$$\frac{L}{M} = W \text{ e } \frac{H}{M} = w$$

e, portanto

$$W_n + w_n = W_{n+1} + w_{n-1}$$

que é a primeira relação fundamental da extracção de sólidos.

Por outro lado, viu-se que

$$y = -\frac{m_{d_1}}{m_{d_2}} x + \left(\frac{m_{d_1}}{m_{d_2}} x_o + y_o\right) ,$$

em que

$$x = \frac{m_{s_1}}{m_{d_1}} \text{ e } y = \frac{m_{s_2}}{m_{d_2}}$$

No caso que se está a considerar m_{s_1} e m_{s_2} são as massas da substância solúvel existentes respectivamente no extracto que fica aderente ao sólido (que contém a massa m_{d_1} de dissolvente) e no extracto que se retira, que contém a massa m_{d_2} de dissolvente.

Referindo as massas de substância solúvel à massa da parte insolúvel do sólido será

$$s = \frac{m_{s_1}}{M} \quad \text{e} \quad S = \frac{m_{s_2}}{M} ,$$

utilizando as notações s e S, que são as usuais.

Será, portanto,

$$m_{s_1} = Ms$$
$$m_{s_2} = MS$$

Logo,

$$x = \frac{Ms}{m_{d_1}} \text{ e } y = \frac{MS}{m_{d_2}}$$

Substituindo, têm-se finalmente ,

$$\frac{MS}{m_{d_2}} = -\frac{Ms}{m_{d_2}} + \left(\frac{Ms_o}{m_{d_2}} + \frac{MS_o}{m_{d_2}}\right) ,$$

ou

$$S + s = S_o + s_o$$

No caso genérico de mais de um andar será, como se sabe para cada andar, $S = S_n$, $s = s_n$, $S_o = S_{n+1}$ e $s_o = s_{n-1}$; por consequência, ter-se-á

$$S_n + s_n = S_{n+1} + s_{n-1} ,$$

que é a segunda relação fundamental da extracção de sólidos

Entre os valores de W, w e S, s, haverá, evidentemente, as relações

$$W = SX$$
$$w = sx ,$$

sendo X e x as fracções em massa da substância solúvel existentes no extracto retirado, e no extracto retido. Deve notar-se que, em geral, no primeiro andar, o sólido a extractar vai seco e por isso x_0 não teria significado; por isso admite-se que a massa de dissolvente é nula e, portanto $x_0 = 1$ e $w_0 = s_0$. No entanto, o caso mais geral para estudo é aquele em que $x_0 < 1$, isto é, o sólido a extractar já não vai seco.

Como o extracto que se retira e o que fica aderente ao sólido têm a mesma composição, será, em cada andar, $X_n = x_n$, que é a terceira relação fundamental da extracção de sólidos.

II — *Determinação do número de andares*

α — *Extracção em contra-corrente*

O número de andares será função, como no caso da extracção de líquidos dos valores s_0, $s_n \equiv s_e$ e $S_{n+1} \equiv S_0$.

A segunda relação fundamental aplicada a cada andar dá

$$S_1 + s_1 = S_2 + s_0$$
$$S_2 + s_2 = S_3 + s_1$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$
$$S_{n-1} + S_{n-1} = S_n + s_{n-2}$$
$$S_n + s_n = S_{n+1} + s_{n-1}$$

Somando ordenadamente, obtém-se

$$S_1 + s_n = S_{n+1} + s_0$$

Mas, como

$$S_1 \equiv S_e\,,\ s_n = s_e\,,\ \text{e}\ S_{n+1} = S_0\,,$$

será

$$S_e + s_e = S_0 + s_0\,,$$

ou

$$s_e - S_0 = s_0 - S_e = B = s_1 - S_2 = \\ = s_2 - S_3 = \ldots = s_{n-1} - S_n$$

sendo B uma constante.

Do mesmo modo, será,

$$w_e - W_0 = w_0 - W_e = A = w_1 - W_2 = \\ = w_2 - W_3 = \ldots = w_{n-1} - W_n\,,$$

sendo A outra constante.

A resolução do problema, exige, em primeiro lugar, o conhecimento experimental da massa de extracto que fica aderente ao sólido em função da fracção de substância solúvel existente nesse extracto, isto é, do valor de w em função de x. Consideremos então a curva w (x) (fig. 34).

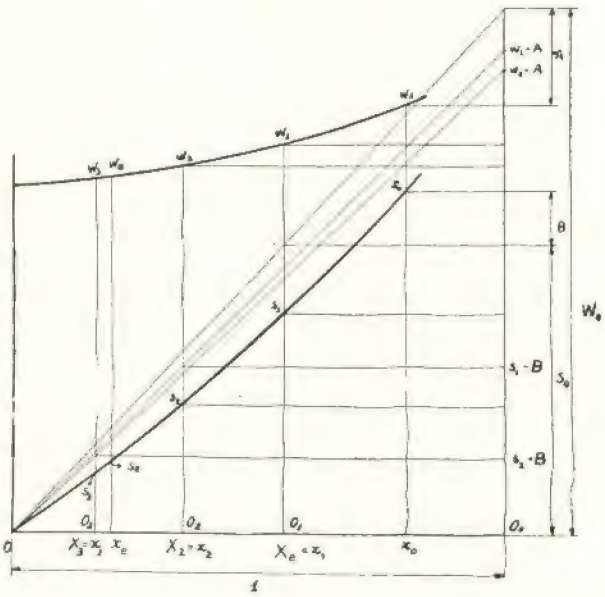


Fig. 34

Os valores x_0 e x_e, correspondentes a w_0 e a w_e serão dados pelas relações

$$x_0 = \frac{s_0}{w_0} \text{ e } x_e = \frac{s_e}{w_e}\,.$$

Por outro lado, a partir da relação

$$s = w\,x\,,$$

pode traçar-se a curva s (x) conhecendo w (x).

Calculemos o valor de $x_1 = X_1$, no primeiro andar. Será

$$X_1 = X_e = \frac{S_1}{W_1} = \frac{S_e}{W_e},$$

ou

$$\frac{S_e}{X_e} = \frac{W_e}{1}$$

Marcando na recta $x = 1$ as ordenadas W_e e S_e, traçando a recta A 0, e por B uma paralela ao eixo das abscissas, até encontrar OA, obtém-se o ponto C [1] cuja abcissa é X_e, o que se conclui da semelhança dos triângulos 00_0A e 00_1C, visto que $00_0 = 1$ e $00_1 = X_e = x_1$.

A partir das curvas s(x) e w(x) determinam-se s_1 e w_1.

O valor x_2 será

$$x_2 = X_2 = \frac{S_2}{W_2} = \frac{s_1 - B}{w_1 - A}$$

Portanto

$$\frac{s_1 - B}{X_2} = \frac{w_1 - A}{1}$$

Marcando na recta $x = 1$ os valores $(s_1 - B)$ e $(w_1 - A)$ e procedendo como anteriormente, obtém-se o ponto O_2 de abscissa $X_2 = x_2$. A partir de x_2 e das curvas s(x) e w (x), determinam-se s_2 e w_2; a seguir determina-se $X_3 = x_3$ pela relação

$$\frac{s_2 - B}{X_3} = \frac{w_2 - A}{1}$$

O raciocínio prossegue até se atingir x_e. Normalmente o valor que se acha x_n é inferior a x_e. Nestas condições, pode repetir-se o cálculo, diminuindo o valor de B, até x_n coincidir com x_e.

No exemplo da fig. 34, x_3 é ligeiramente inferior a x_e e o extractor terá de ter 3 andares.

(1) O ponto C não está indicado na fig. 34.

No caso de w ser constante, a construção simplifica-se, como é evidente (fig. 35):

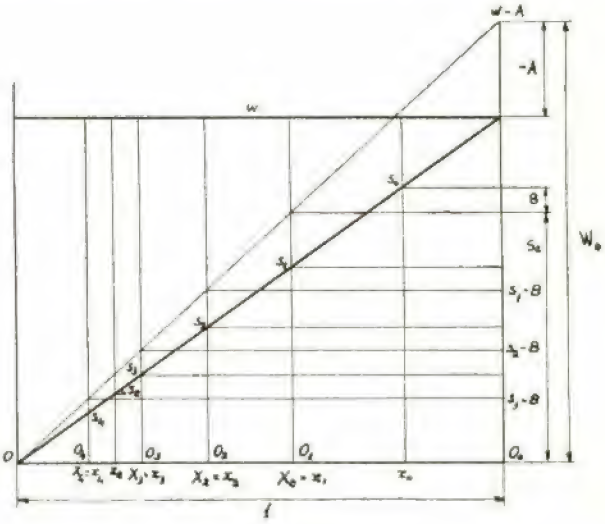


Fig. 35

Neste caso, o problema pode tratar-se analìticamente. Com efeito se w é constante será

$$w_0 = w_1 = \ . \ . \ . \ . = w_{n-1} = w_n$$

Mas, da primeira relação fundamental conclui-se que

$$W_1 = W_2 = . \ . \ . \ . = W_n = W_{n+1}$$

Portanto.

$$\frac{W_1}{w_1} = \frac{W_2}{w_2} = . \ . \ . = \frac{W_{n-1}}{w_{n-1}} = \frac{W_n}{w_n} = a$$

Como, por outro lado, $W_n = S_n X_n$, $w_n = s_n x_n$ e $X_n = x_n$, será, também

$$\frac{S_1}{s_1} = \frac{S_2}{s_2} = . \ . \ . = \frac{S_{n-1}}{s_{n-1}} = \frac{S_n}{s_n} = a$$

Aplicando a segunda relação fundamental a todos os andares, a partir do último, será

$$s_{n-1} = S_n + s_n - S_{n+1} =$$
$$= a\, s_n + s_n - S_{n+1} = (a + 1)\, s_e - S_0$$

$$s_{n-2} = S_{n-1} + s_{n-1} - S_n = a\, s_{n-1} + s_{n-1} -$$
$$- a\, s_n = (a + 1)\,[\,(a + 1)\, s_e - S_0\,] - a\, s_e =$$
$$= (a^2 + a + 1)\, s_e - (a + 1)\, S_0$$

$$s_{n-3} = S_{n-2} + s_{n-2} - S_{n-1} =$$
$$= (a+1)\, s_{n-2} - a\, s_{n-1} =$$
$$= (a+1)[(a^2 + a + 1)\, s_e -$$
$$- (a+1)\, S_o] - a[(a+1)\, s_e - S_o] =$$
$$= (a^3 + a^2 + a + 1)\, s_e - (a^2 + a + 1)\, S_o$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$

$$s_1 = S_2 + s_2 - S_3 = (a+1)\, s_2 - a\, s_3 =$$
$$= (a^{n-1} + a^{n-2} + \ldots\ldots + a + 1)\, s_e -$$
$$- (a^{n-2} + a^{n-3} + \ldots + a + 1)\, S_o$$

$$s_o = S_1 + s_1 - S_2 = (a+1)\, s_1 - a\, s_2 =$$
$$= (a^n + a^{n-1} + \ldots + a + 1)\, s_e -$$
$$- (a^{n-1} + a^{n-3} + \ldots + a + 1)\, S_o =$$

$$= \frac{1 - a^{n+1}}{1 - a}\, s_e - \frac{1 - a^n}{1 - a}\, S_o$$

Dividindo ambos os membros por s_e, ter-se-á

$$\frac{s_o}{s_e} = \frac{1 - a^{n+1}}{1 - a} - \frac{1 - a^n}{1 - a}\, \frac{S_o}{s_e}.$$

Fixados s_o, s_e e S_o determina-se n.

No caso de se utilizar dissolvente puro no último andar será $S_o = o$. Portanto,

$$\frac{s_o}{s_e} = \frac{1 - a^{n+1}}{1 - a}$$

e

$$1 - a^{n+1} = \frac{s_o}{s_e}\left(1 - a\right)$$

$$a^{n+1} = 1 - \frac{s_o}{s_e}\left(1 - a\right)$$

Portanto

$$n = \frac{\log\left[1 - \frac{s_o}{s_e}\left(1 - a\right)\right]}{\log a} - 1$$

Em geral, na prática, é lícito admitir a igualdade das relações $\frac{W_n}{w_n}$, excepto para $n = 1$ em que $\frac{W_1}{w_1}$ tem um valor diferente a_1

Nestas condições, será

$$s_o = (a_1 + 1)\, s_1 - a_1\, s_2 =$$
$$= [a_1\,(a^{n-1} + a^{n-2} + \ldots + a + 1) + 1]\, s_e -$$
$$- [a_1\,(a^{n-2} + a^{n-3} + \ldots + a + 1) + 1]\, S_o =$$
$$= \left[\frac{a_1\,(1 - a^n)}{1 - a} + 1\right] s_e - \left[\frac{a_1(1 - a^{n-1})}{1 - a} + 1\right] S_o,$$

e

$$\frac{s_o}{s_e} = \frac{a_1\,(1 - a^n)}{1 - a} + 1 - \left[\frac{a_1\,(1 - a)^{n-1}}{1 - a} + 1\right] \frac{S_o}{s_e}$$

No caso de ser $S_o = o$, será

$$a^n = 1 - \frac{1 - a}{a_1}\left(\frac{s_o}{s_e} - 1\right)$$

e

$$n = \frac{\log\left[1 - \frac{1 - a}{a_1}\left(\frac{s_o}{s_e} - 1\right)\right]}{\log a}$$

Quando $S_o > 0$, o valor de n determina-se por tentativas; no entanto, para ter uma ideia de ordem de grandeza de n pode começar-se por supor $S_o = 0$.

β — Extracção por contacto múltiplo

Neste caso, supondo, como é habitual que entra em todos os andares, a mesma quantida de dissolvente W_o, será

$$W_n + w_n = W_o + w_{n-1}$$

e, como a composição é a mesma, será

$$S_n + s_n = S_o + s_{n-1}$$

Por outro lado, é, como sabemos,

$$S_n = W_n\, X_n = W_n\, x_n$$

e

$$s_n = w_n\, x_n$$

Portanto

$$S_n + s_n = (W_n + w_n)\, x_n$$

e

$$x_n = \frac{S_n + s_n}{W_n + w_n} = \frac{S_o + s_{n-1}}{W_o + w_{n-1}}$$

Aplicando aos diferentes andares será

$$x_1 = \frac{S_o + s_o}{W_o + w_o}$$

$$x_2 = \frac{S_o + s_1}{W_o + w_1}$$

.....

$$x_{n-1} = \frac{S_o + s_{n-2}}{W_o + w_{n-2}}$$

$$x_n = \frac{S_o + s_{n-1}}{W_o + w_{n-1}},$$

sendo os valores $s_1, s_2 \ldots s_{n-1}$ e $w_1, w_2 \ldots$ $\ldots w_{n-1}$ determinados sobre as curvas $s(x)$ e $w(x)$, depois de determinados $x_1, x_2 \ldots$ $\ldots x_{n-1}$ (fig. 36).

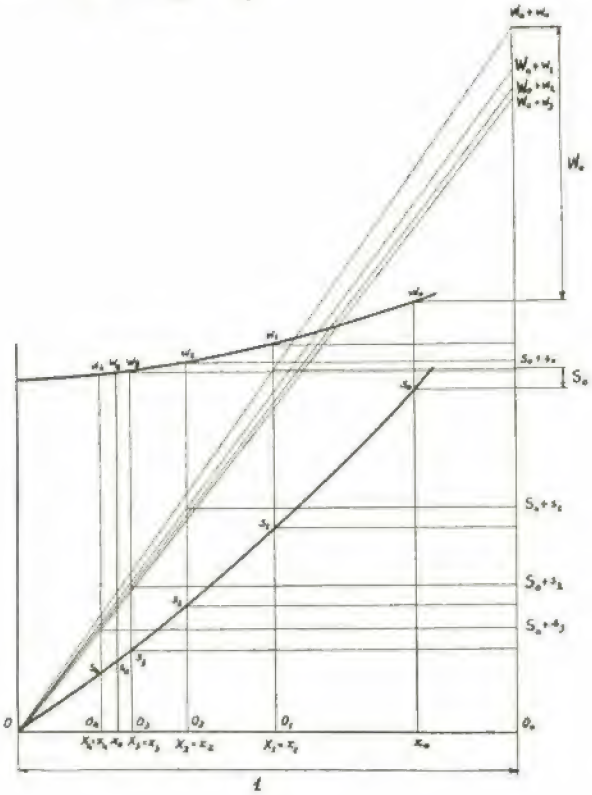


Fig. 36

A construção efectua-se como no caso da extracção em contra-corrente, pelas relações

$$\frac{S_o + s_o}{x_1} = \frac{W_o + w_o}{1}$$

$$\frac{S_o + s_1}{x_2} = \frac{W_o + w_1}{1}$$

.....

$$\frac{S_o + s_{n-1}}{x_n} = \frac{W_1 + w_{n-1}}{1}$$

A construção prossegue, evidentemente até passar de x_e.

Se w puder se considerado como constante, o cálculo pode fazer-se também analìticamente, considerando $\frac{W_n}{w_n} = a$. Partindo do último andar será

$$s_{n-1} = S_n + s_n - S_o = (a+1)\, s_n - S_o =$$
$$= (a+1)\, s_e - S_o$$

$$s_{n-2} = s_{n-1} + s_{n-1} - S_o = (a+1)\, s_{n-1} - S_o =$$
$$= (a+1)^2\, s_e - [(a+1)+1]\, S_o$$

$$s_{n-3} = (a+1)\, s_{n-2} - S_o = (a+1)^3\, s_e -$$
$$- [(a+1)^2 + (a+1) + 1]\, S_o$$

. . . . . .

$$s_2 = (a+1)^{n-2}\, s_e - [(a+1)^{n-3} + (a+1)^{n-4} +$$
$$+ \ldots + (a+1) + 1]\, S_o$$

$$s_1 = (a+1)^{n-1}\, s_e - [(a+1)^{n-2} + (a+1)^{n-3} +$$
$$+ \ldots + (a+1) + 1]\, S_o$$

$$s_o = (a+1)^n\, s_e - [(a+1)^{n-1} + (a+1)^{n-2} +$$
$$+ \ldots + (a+1) + 1]\, S_o$$

ou

$$s_o = (a+1)^n\, s_e - \frac{(a+1)^n - 1}{a}\, S_o$$

$$\left(\frac{s_o}{s_e} - \frac{S_o}{a\, s_e}\right) = (a+1)^n \left(1 - \frac{S_o}{a\, s_e}\right)$$

e

$$n = \frac{\log \dfrac{a\, s_o - S_o}{a\, s_e - S_o}}{\log (a+1)}$$

Se o dissolvente for puro será $S_o = 0$ e, portanto,

$$n = \frac{\log \dfrac{s_o}{s_e}}{\log (a+1)}$$

(Conclui no próximo número)

O AR CONTROLADO — NOVO ELEMENTO CONSTITUINTE DO BETÃO

POR JOSÉ MANUEL DE OLIVEIRA NUNES
Engenheiro Civil I. S. T.

ADALBERTO AUGUSTO DE PORTUGAL
Diplomado pelo I. I. L.

C. D. 666.9

Os ensaios referidos neste artigo foram efectuados no Laboratório de Estudo de Betões da Direcção Geral dos Serviços Hidráulicos, que funciona junto da Comissão de Fiscalização das Obras dos Grandes Aproveitamentos Hidro-Eléctricos — Fiscalização das Obras do Castelo do Bode.

Da parte da Hidro-Eléctrica do Zêzere, por intermédio do Eng.º João Ferreira Lamas, foi-nos prestada colaboração para a execução dos ensaios realizados.

Sumário

— Introdução.
— Características do betão com ar controlado.
— Processos e agentes de retenção do ar.
— Métodos de determinação do ar retido.
— O ar controlado como constituinte dos betões empregados em barragens.
— Ensaios da possibilidade de emprego do ar controlado nos betões do Castelo do Bode.

Introdução

Durante os últimos anos vem-se desenvolvendo nos E. U. A. uma técnica nova de fabrico do betão, que implica modificações importantes das normas clássicas de composição deste material.

Iniciou-se o estudo desta técnica há cerca de 15 anos, e dado que a sua aplicação se tem generalizado, este período é suficiente para que hoje se possam avaliar as possibilidades práticas do processo, aliás de aplicação já normalizada pelos organismos oficiais americanos encarregados do estudo e controle de betões.

Consiste a nova técnica em favorecer a retenção do ar no interior do betão durante a sua amassadura.

Para os betões de tipo clássico, tem sido posta como norma a obtenção da compacidade máxima, o que corresponde à inexistência de ar na mistura. Entretanto por impossibilidade prática, mesmo os betões de melhor composição incluem, quando frescos e compactados, uma percentagem de ar entre 1 e 2 %.

Nos betões com ar controlado, esta percentagem é deliberadamente aumentada até um determinado limite (da ordem dos 5 %).

Em princípio, a retenção voluntária do ar no betão pode parecer um contrasenso, visto contrariar a obtenção da compacidade máxima, que normalmente se procura atingir em virtude da resistência mecânica e a impermeabilidade do betão variarem directamente com essa compacidade.

No entanto, veremos como um betão menos compacto, obtido com a nova técnica de retenção do ar na mistura, pode apresentar melhores qualidades que um outro de tipo clássico, especialmente no que se refere à resistência aos agentes exteriores (variações de umidade e temperatura, congelação

e degelo, águas sulfatadas, etc.) à economia e à impermeabilidade.

Note-se desde já que o ar retido naturalmente durante a amassadura, se comporta diferentemente do ar retido propositadamente, visto que aquele se distribui irregularmente em bolsas de diferentes tamanhos e relativamente grandes dimensões, por vezes comunicáveis entre si, enquanto que o ar controlado se distribui em pequeníssimas esferas, isoladas umas das outras, dadas as condições em que se verifica a sua retenção.

A amassadura dum betão e a sua colocação em obra, exigem a adição duma quantidade de água bastante superior à estritamente necessária para a hidratação do cimento. É a parte dessa água que molha os elementos mais finos e na qual se desenvolvem fenómenos de tensão que aglomera os materiais — cimento e inertes — e simultâneamente serve de lubrificante, facilitando o deslocamento relativo das partículas.

Da água da amassadura, parte é expulsa durante a compactação do betão por sedimentação da massa, outra parte escapa-se por evaporação mesmo depois de iniciada a hidratação do cimento.

Deste modo, é a água que existe no interior da massa, e cujos fenómenos de tensão não atingem um valor suficientemente elevado para contrariar a sua evaporação, que ao caminhar para o exterior molda inúmeros canículos, cujo conjunto constitui no betão como que uma rede de drenagem. Por esta razão, mesmo o melhor betão, apresenta sempre uma estrutura «micro-fissurada».

No betão com ar controlado a massa apresenta um outro arranjo estrutural.

Consegue-se fazer a retenção do ar no betão durante a amassadura, aumentando a viscosidade da água pela adição de determinados produtos (directamente à água ou ao cimento). Deste modo forma-se entre os elementos de certas dimensões uma grande quantidade de pequenas bolhas de ar, que funcionam como rolamentos de esferas diminuindo o atrito interno do betão, o que aumenta consideràvelmente a sua trabalhabilidade.

Estas bolhas do ar além de aumentarem a trabalhabilidade do betão, permitindo o emprego de menores quantidades de água da amassadura, funcionam como «germens», fixando a água e contrariando a evaporação.

Assim a estrutura do betão com ar controlado é micro-porosa, diferente portanto da estrutura micro-fissurada do betão clássico. Deste modo é compreensível que apesar de menos compactos, os betões com ar controlado possam ser mais impermeáveis, visto a água que passa através da massa dum betão caminha precisamente pelas micro-fissuras moldadas pela água evaporada para o exterior (excluem-se as fendas originadas pela contracção ou qualquer outro efeito). Numa estrutura com poros incomunicáveis entre si (micro-porosa) a água muito mais dificilmente passará.

A técnica da retenção do ar no betão, embora empírica é muito antiga; já os romanos adicionavam ao «concreto», para lhe aumentar a impermeabilidade, leite azedo ou mesmo sangue, ainda que certamente não conhecessem o modo como estes produtos actuavam.

Entre nós, cremos que para o mesmo efeito, usa-se adicionar sabão à água de amassadura.

Simplesmente, pela adição de tais produtos não é possível controlar a quantidade de ar no betão, da qual dependem estreitamente as suas qualidades.

Características do betão com ar controlado

Primeiramente vejamos os factores que condicionam a quantidade de ar retido no betão:

a) Tipo e granulometria do material inerte
b) Teor e tipo de cimento
c) Consistência da mistura
d) Tempo de amassadura
e) Tipo e quantidade de agente retentor de ar
f) Temperatura.

O Laboratório de Denver — (1) efectuou ensaios de betões com ar controlado, em

(1) Laboratório de Denver — Colorado — *United States Department of The Bureau of Reclamation*

número suficiente para permitirem definir as seguintes características destes betões:

1—A água necessária para um betão médio (tipo para betão armado) é reduzida aproximadamente de 3,6 kgs/m^3 — agregado arredondado — e de 4,8 kgs/^{3} — agregado anguloso —, por cada unidade de percentagem de ar retido. No caso de querermos manter inalterada a relação água-cimento, quando esta for igual a 0,55, esta redução de agua implica uma redução de cimennto de respectivamente *6,5* e *8,6 kgs/m^3;*

2—A redução de água por unidade de percentagem de ar retido é sensìvelmente a mesma para várias consistências de betão, tipo de cimento ou a relação A/C, entre determinados limites (aproximadamente 0,45 a 0,50);

3—O teor de areia em relação ao peso do agregado total pode ser reduzido de 1 % por cada unidade de percentagem de ar retido, até ao máximo de 8 %, sem qualquer mudança apreciável na trabalhabilidade ou no «slump».
Por seu lado cada unidade de percentagem de redução de areia permite uma redução de água, de 1,5 kgs/m^3, que se junta à redução mencionada em 1 —;

4—A trabalhabilidade do betão melhora quando a quantidade de ar controlado aumenta;

5—Quando a relação água-cimento se mantém constante a resistência à compressão reduz-se aproximadamente de 14 kgs/cm^2 por unidade de percentagem de ar retido no betão fresco;

6—Se o teor de cimento se mantém constante, a resistência pràticamente não variará, para betões pobres, mas conduz a uma redução de 14 kgs/cm^2 por unidade de percentagem de ar retido, em betões de grande dosagem;

7—O módulo de elasticidade de um betão médio, para a mesma relação A/C e para a mesma ganulometria, reduz-se aproximadamente de 1000 kgs/cm^2 por unidade de percentagem do ar retido no betão fresco;

8—O coeficiente de Poisson não é sensìvelmente afectado pela introdução de ar;

9—A quantidade de agente necessário para introduzir uma determinada quantidade de ar, decresce quando o «slump» do betão aumenta;

10—Os materiais angulosos retêm mais ar que os arredondados;

11—A quantidade de agente necessário para introduzir uma certa percentagem de ar é influenciada pelo tipo do cimento. Também as misturas pobres necessitam de menos agente de retenção que as ricas.

Por estas características se vê já, que a técnica de retenção de ar no betão pode representar um factor económico importante.

Com efeito, aumenta a trabalhabilidade e permite a utilização duma menor quantidade de areia e duma areia menos bem calibrada. Isto é importante, sobretudo para os betões com fraca dosagem de cimento, em que se é levado a empregar areia com boa granulometria para evitar a segregação e conseguir a maior resistência possível.

A diminuição de resistência que o ar retido no betão implica, pode ser contrariada pelo emprego de menor quantidade de água que no correspondente betão clássico.

Processos e agentes de retenção do ar

Como se disse, a retenção do ar no betão consegue-se aumentando a viscosidade da água de amassadura pela adição, a esta ou ao cimento, de produtos especiais. Forma-se assim uma emulsão de ar, sob a forma de pequeníssimas bolhas distribuídas entre os grãos de determinadas dimensões.

Os produtos, agentes de retenção do ar, que actualmente conhecemos são os seguintes:

Darex AEA (Dewey and Almy Chemical Cy

Vinsol Resin (Hercules Powder Cy)

Pozzolith (Master Builders Cy).

Todos são de origem americana e o seu emprego está já normalizado e autorizado pelos laboratórios oficiais dos Estados Unidos.

O Darex A. E. A. parece que tem sido usado em todos os géneros de construção; utiliza-se pela adição directa à água de amassadura o que torna cómoda a sua aplicação.

O Vinsol Resin parece ser mais usado no betão de pavimentações de estradas, e é adicionado ao cimento, o que pode ser feito por moedura conjunta com o «clinker».

O último, Pozzolith, é bastante recente e desconhecemos se haverá resultados experimentais suficientes para se avaliar do seu comportamento prático.

Método de determinação do ar retido

Segundo as experiências feitas nos Laboratórios americanos, deduz-se que a percentagem óptima de ar retido no betão fresco varia entre 3 e 5 %. Uma maior quantidade baixará demasiadamente a resistência mecânica, e uma quantidade inferior pode ser insuficiente para originar os efeitos que se pretendem — aumento da resistência aos agentes exteriores e trabalhabilidade.

Na técnica do emprego deste tipo de betão, há portanto uma determinação que é necessário efectuar: a da quantidade de ar que existe no betão fresco depois de compactado, a qual, relacionada com a quantidade do agente utilizado nos dá o seu rendimento. Os métodos que conhecemos para a determinação do ar no betão são as seguintes:

I — *Método dos pesos específicos*

Parte-se do conhecimento do peso específico do betão fresco, que se determina experimentalmente, e das quantidades dos seus componentes e respectivos pesos específicos.

Na obra não é fácil aplicar este método rigorosamente, pela dificuldade de determinar com aproximação suficiente o peso dos componentes da mistura, o seu peso específico médio e a quantidade de humidade que os materiais contêm.

II — *Método volumétrico*

Parte-se do conhecimento do volume duma amostra de betão fresco, moldado em depósito calibrado e incompletamente cheio.

Adicionando a esse betão uma determinada quantidade de água, consegue-se por remechimento da mistura a expulsão do ar contido.

Por abaixamento do nível da água, mede-se o volume dos componentes sólidos e líquidos do betão. Por diferença, obtém-se o volume que o ar ocupava. Verificamos para este método o inconveniente grave, ao revolver o betão sob a água adicionada, de se formar uma enorme quantidade de «leitança» que dificulta uma medição rigorosa do volume ocupado pela mistura, além de que não é fácil a determinação da quantidade de ar retido nessa «leitança».

Estes são os dois métodos que podem ser usados num estaleiro, sem aparelhagem especial, reserva feita às dificuldades práticas que já mencionamos.

III — *Método das pressões*

Tem também sido aplicado um terceiro método que tem a vantagem de dispensar o conhecimento do peso específico teórico que o betão deveria alcançar, conhecimento do peso específico dos seus componentes e mesmo o das proporções destes na mistura.

Este método vem descrito no número de Junho de 1.46 do «Journal of the American Concrete Institute», donde se extraíu o resumo de aplicação dado a seguir.

O método exige os dispositivos seguintes:

Um reservatório estanque, uma fonte de ar comprimido (para baixas pressões — máx. 1,0 kg/cm²), uma tampa para o reservatório que se adapte com estanquecidade. A esta tampa está ligado um tubo de vidro

graduado, no topo do qual se liga a canalização que comunica à fonte do ar comprimido e ao manómetro.

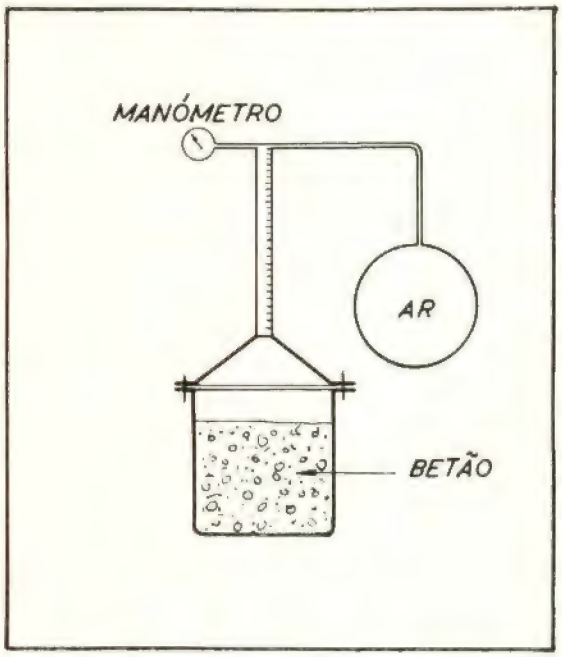


Fig. 1

O esquema de montagem é dado na figura 1.

A técnica do método é a seguinte:

1 — Introduz-se uma certa quantidade de betão dentro do reservatório e determina-se o seu volume depois de compactado;

2 — Adapta-se ao reservatório a tampa a que está ligado o tubo, e introduz-se por este água com o cuidado de evitar o arrastamento de ar.

O nível da água atingirá o *0* da escala;

3 — Fazendo actuar o ar sob pressão, o nível superior da água baixará.
Este abaixamento corresponde a uma diminuição de volume do conjunto, que dada a relativa incompressibilidade da água, do cimento e dos materiais inertes, é de atribuir ao ar;

4 — Aplicando a lei de Boyle-Mariotte aos diferentes estados, consegue-se determinar a quantidade de ar retido no betão.
Embora não tivéssemos podido ainda experimentar este método, parece-nos que o recomenda a sua aplicação mais cómoda, e o aumento de rigor relativamente a qualquer dos outros métodos, segundo consta da descrição referida.

A técnica do ar controlado em face dos betões de barragens

Especialmente nos betões de barragens, o ar controlado pode ser um factor económico importante.

Por questões de economia (grandes massas de betão) e pela necessidade de limitar a temperatura no interior do betão, para diminuir os efeitos da contracção, utilizam-se geralmente nas barragens betões com dosagens de cimento relativamente baixas.

Ora é a pasta de cimento e a areia de menores dimensões (abaixo de 0,5 m/m), que tem a função de aglomerar os elementos maiores e permitir ao mesmo tempo a deslocação relativa desses elementos sob apiloamento ou vibração de forma a obter-se uma massa compacta.

Sendo fraca a dosagem de cimento, e havendo necessidade de empregar a menor quantidade de água possível (para que o betão apresente a maior resistência mecânica e aos agentes exteriores), a areia fica sobrecarregada, nessas funções, de aglomerante e lubrificante, obrigando a um estudo cuidadoso da sua granulometria e quantidade.

Normalmente a areia não se apresenta com a granulometria mais conveniente, tornando-se necessário efectuar correcções que de maneira geral a encarecem.

Como exemplo do que acabamos de expor podemos citar o caso dos betões do Castelo do Bode, em que se concluíu, por ensaios, ser conveniente corrigir as areias (de módulo de finura 3,13) das cascalheiras do Zêzere (Barca Nova — Choupana), para o que se torna necessário fazer a separação

da areia abaixo e acima de 2 mm, a eliminação duma parte da de tamanho inferior, e a adição dnma areia fina natural (Tramagal), na proporção de 20 %, em peso, relativamente ao total da areia.

Também para as areias manufacturadas (caso das barragens a construir na Venda Nova, Cabril, etc.), possìvelmente conviria uma correcção, sobretudo para eliminar uma parte dos elementos de dimensões abaixo do peneiro 100 (0,15 mm) da série Tyler, que normalmente se apresenta em elevada percentagem, 15 a 20 %, obrigando ao emprego de muita água e conduzindo por vezes a um factor A/C superior ao aconselhável para uma boa resistência dos betões aos agentes atmosféricos.

Também com estas areias manufacturadas de grande atrito interno, há necessidade de empregar, para igual trabalhabilidade, maior quantidade de areia por metro cúbico de betão, do que se tratasse de areias naturais.

Vejamos como da aplicação da técnica do ar controlado pode resultar economia para construções de betão.

O ar retido no betão fresco, dando-lhe maior plasticidade, permite realizar separadamente ou em conjunto as seguintes modificações:

a) Redução da quantidade de areia a empregar — o que é muito importante sob o ponto de vista económico, sobretudo no caso de areias manufacturadas, cujo fabrico é evidentemente mais caro do que o da brita, visto que em geral é preciso fazer uma moenda especial, porque a areia formada durante a britagem não se apresenta em quantidade suficiente.

b) Possibilidade de emprego duma areia menos bem calibrada — esta possibilidade que pode interessar a betões com areias manufacturadas, é típica sobretudo dos betões com areias naturais, como é o do Castelo do Bode. Aqui, a areia natural exigia para aplicação em betões clássicos a correcção com areias exploradas a uma distância de cerca de 30 km (Tramagal).

c) Possibilidades de reduzir a água de amassadura — este facto pode contrariar a tendência para a diminuição da resistência mecânica do betão pela retenção do ar controlado.
Para as dosagens baixas de cimento, que é o caso dos betões que nos interessa tratar, a resistência mecânica chega mesmo a aumentar.

São estas as condições de ordem económica que, além doutras, se podem tirar dos resultados de ensaios sobre betões com ar controlado efectuados no Laboratório de Denver.

Entretanto, também não é desprezável o aumento da resistência do betão aos agentes exteriores, dado pela técnica do ar controlado, visto que nalguns pontos do país (como acontece nos locais das futuras barragens do Cávado e Rabagão), a temperatura ambiente, vários dias por ano, se mantém abaixo do ponto de congelação da água.

É evidente que só por ensaios se poderá verificar até que ponto o ar controlado exerce a sua acção, e também só por ensaios, o que de resto acontece com os betões clássicos, se poderá determinar a melhor composição a adoptar, ainda que as regras ou leis conhecidas facilitem esse trabalho.

Tudo o que atrás fica exposto pode ler-se ou deduzir-se, com vantagem, da bibliografia, aliás reduzida, existente sobre o assunto. Estas generalizações são referidas sòmente como introdução da segunda parte deste artigo, na qual se apresentam resultados por nós directamente obtidos em ensaios efectuados com o fim de se determinar a possibilidade do emprego desta técnica, no betão a aplicar na barragem do Castelo do Bode.

O número de ensaios realizados com esse fim, não é ainda bastante grande para que consideremos o assunto definitivamente resolvido, mas permite-nos já uma ideia mais ou menos perfeita do processo.

A resolução de publicar imediatamente este artigo, vem do desejo de poder ser útil a quem neste momento esteja a tratar deste assunto ou venha a estar dentro em breve.

Ensaios da possibilidade do emprego do ar controlado nos betões do "Castelo do Bode"

Os materiais inertes a empregar nos betões da barragem do Castelo de Bode são constituídos por calhau rolado e areia natural, extraídos das cascalheiras do Rio Zêzere uns 3 km a jusante do local da barragem, no sítio da Barca Nova.

Em tempo, pensou-se utilizar esses materiais com a dimensão máxima de 150 m/m, ficando como reserva a hipótese de aumentar essa dimensão.

A granulometria natural não se apresenta em condições de se poder aplicar integralmente, isto é, sem qualquer correcção, no caso de se querer conseguir o melhor betão, fixada a dosagem e os processos de colocação e compactação.

Com esse fim, foi objecto de estudo, a determinação da relação brita/areia mais conveniente (a areia aparece em excesso), e a correcção dessa areia, cuja granulometria é a que se representa pela *curva 1* do gráfico. Comparada esta curva com as curvas limites preconizadas pelo Burean of Reclamation, vê-se que a areia tem deficiência de elementos finos — abaixo de 0,30 m/m — o que se procurou corrigir. Após uma série grande de ensaios efectuados no Laboratório de Betões da D. G. dos S. H. em Tomar, chegou-se a uma composição que não podemos afirmar ainda que seja a melhor, e cuja granulometria se obteve do seguinte modo:

— Pela fixação da relação da brita/areia igual a 3,0 (a relação natural é 2,2);

— Pela separação e utilização de toda a areia de dimensões superiores a 2 mm e a consequente eliminação da parte da areia de dimensões inferiores a 2 mm, com o fim de conseguir o aumento da proporção da areia de dimensões entre 2 e 5 mm;

— Pela adição de areia fina do Tramagal nas proporções de 20 % em relação ao total da areia;

— Pela britagem do material acima de 150 mm.

É sobre esta composição que vamos actuar para procurar evitar o emprego de areia de correcção do Tramagal ou reduzir a quantidade prevista, de modo a obter-se uma economia apreciável.

A composição do betão de partida (6E) é resumidamente a seguinte:

Cimento . . . . C = 220,0 kg/m³
Água . . . . . A = 110,0 l/m³

A/C = 0,50

Materiais inertes

diâmetros mm	Kg/m³
50 — 150	989,1
25 — 50	244,6
10 — 25	287,1
2 — 10	180,2
0 — 2 (Barca Nova) . .	345,4
0 — 2 (Tramagal) . . .	100,8
Total M =	2.147,2

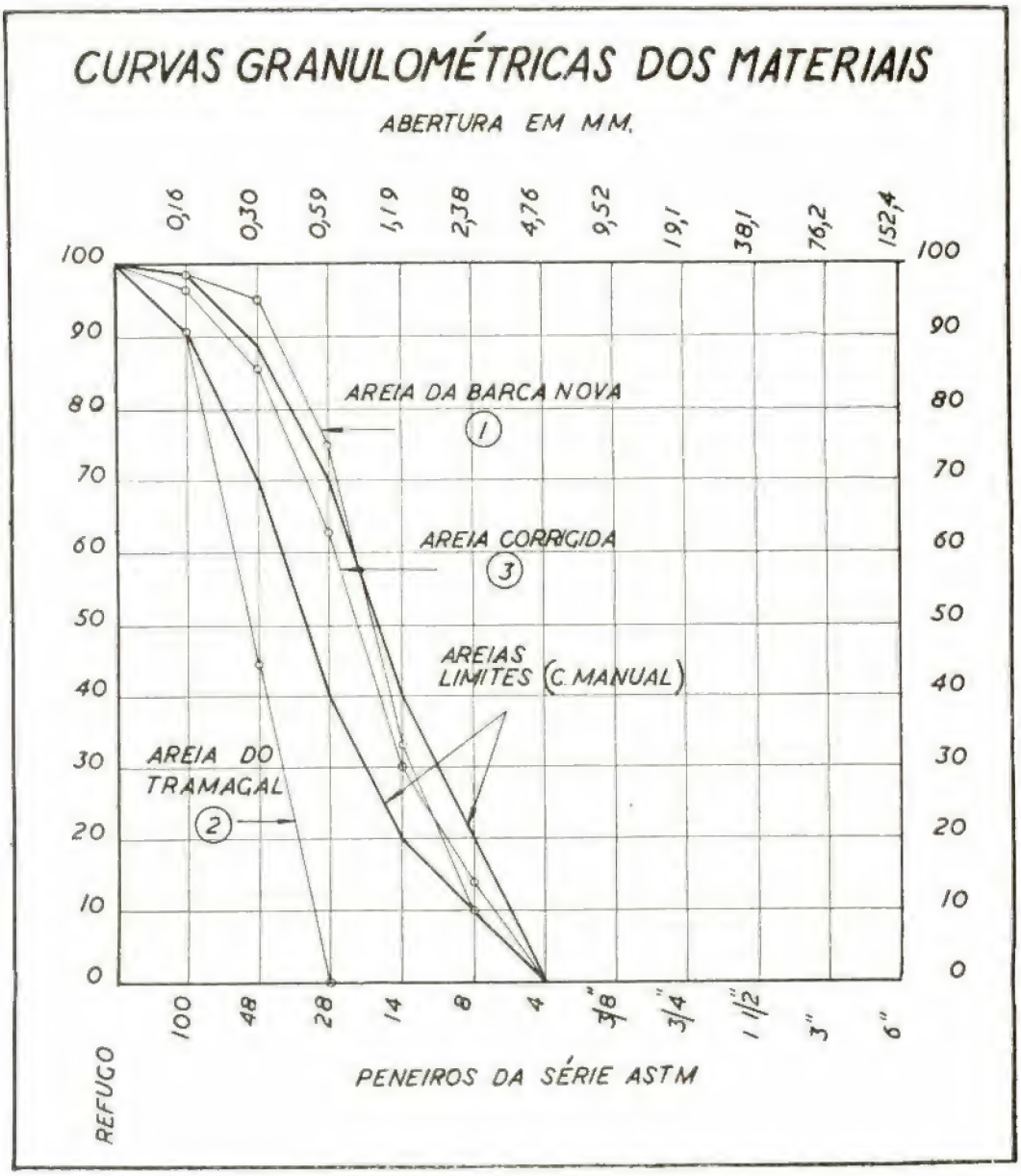
I — *Determinação do rendimento do agente de retenção de ar*

Começaram-se os ensaios pela determinação do rendimento do agente retentor de ar, isto é, pela determinação da quantidade de produto que origina a retenção do ar numa proporção de 4 %.

O agente empregado nos ensaios foi o Darex A. E. A., líquido castanho escuro, lembrando óleo queimado, mas bastante mais fluido.

A quantidade indicada pela prática americana para se conseguir uma percentagem de 4 % de ar é de 70 c. c. de Darex por cada 100 kgs de cimento. Claro que esta percentagem depende dos factores já atrás apresentados, e só experimentalmente se pode fazer essa determinação, servindo o valor médio indicado apenas como ponto de partida.

Na determinação do rendimento, experi-



mentamos os métodos dos *«pesos específicos»* e o *«volumétrico»*.

Neste, verificamos a dificuldade já indicada, o remechimento do betão misturado com uma certa quantidade de água provoca a formação duma grande quantidade de «leitança», que dificulta as medições.

A aplicação do método dos pesos específicos foi feita com a seguinte variante de técnica:

— Utilizaram-se dois recipientes cilíndricos de ferro fundido, bem calibrado, com a altura igual ao diâmetro da secção recta transversal — $\phi = 450$ mm — (formas para blocos cilíndricos);

— Pesaram-se os materiais inertes para 2 amassaduras iguais, dada uma dum volume de 50 L. de betão;

— Introduziram-se os materiais inertes secos, correspondentes a uma das amassaduras, numa das formas cilíndricas e determinou-se o seu volume por deslocação dum volume conhecido de água.

Estando os materiais inertes ensilados nas mesmas condições de humidade,

será de admitir que os volumes dos inertes sejam os mesmos para os dois lotes de material.

Com o conhecimento do peso específico do cimento (3,1) e da água ficamos a conhecer o volume absoluto do betão correspondente;

— Fez-se a amassadura do segundo lote de material;

— Despejou-se o betão na segunda forma cilíndrica;

— Compactou-se o betão por pervibração (a percentagem de 4 °/₀ de ar diz respeito ao betão já compactado);

— Introduziram-se 2 litros de água na betoneira para despegar toda a argamassa que ficára colada às paredes, e despejou-se a aguada cuidadosamente em cima do betão;

— Pela medida do volume total, descontados os 2 litros de água adicionada obteve-se o volume do betão, que comparado com o volume calculado nos deu a quantidadde de ar retido na massa.

Depois de várias tentativas em que se utilizaram diferentes proporções de Darex, conseguiu-se a retenção de 4 °/₀ de ar, quando o agente se empregou na relação de 1 cc por 1 kgs de cimento.

Como se verifica, o rendimento obtido é inferior ao preconizado pelos ensaios americanos — de 70 cc para 100 kgs de cimento —, mas há que notar que este valor diz respeito a um betão médio, de dimensão máxima da pedra de $\phi = 1\ 1/2''$ e o nosso caso a um betão de $\phi = 6''$, consequentemente com muito menos areia, pelo que é natural que se tenha de empregar maior quantidade de agente para conduzir ao mesmo volume de vasios, visto ser na argamassa que o ar fica retido.

Note-se que é assunto a estudar, se o que interessa é apenas a percentagem de ar em relação, ao total de argamassa, porque nesse caso a percentagem diminue com o aumento da dimensão máxima da pedra. No entanto, na «Bluestone Dam» foi empregado o ar na percentagem de 4 °/₀ em relação ao total, e é curioso notar que o rendimento do agente foi idêntico ao que determinamos.

Possibilidade de dispensar o emprego de areia de correcção

Determinado o rendimento do agente de retenção de ar, ensaiou-se a possibilidade de evitar a utilização de areia de correcção do Tramagal.

O controle desta possibilidade fez-se através de ensaios de betões de transição, com variações dos componentes sucessivamente sugeridas pelos ensaios antecedentes.

A composição do betão de partida (6E, é, resumidamente a seguinte:

Composição	L/m³	Pesos específicos	Kg/m³
Cimento	71,0	3,1	220,1
Água	110,0	1,0	110,0
M. Inertes			
2 — 150 m/m	649,4	2,62	1.701,4
0 — 2 m/m	169,6	2,62	440,2
Ar	—	—	—
Total	1000,0		2471,7

A — Eliminando no betão de partida (6E) a quantidade de areia de diâmetro inferior a 2 mm, que a retenção de 4 °/₀ de ar controlado, obtida pelo emprego

do Darex A. E. A. permite, ainda se manterá a necessidade de utilizar a areia fina de correcção do Tramagal.

Entretanto a granulometria do betão deve ser rectificada. Vejamos como:

A percentagem de 4 % de ar controlado permite as seguintes reduções:

a) — *Na areia*

1 % de ar corresponde à redução de 1 % de areia natural, em relação ao total do agregado.

$$0{,}04 \times 2.145{,}8 = 85{,}8 \text{ kg.}$$

b) — *Na água*

1) Por influência directa, a redução de 1 % de ar permite, para os materiais rolados, reduzir a água em 3,6 L/m³.

$$4 \times 3{,}6 = 14{,}4 \text{ L/m}^3.$$

2) Indirectamente pela redução de 1 % de areia em relação ao total do agregado, pode-se reduzir a água em 1,5 L/m³

$$4 \times 1{,}5 = 6{,}0 \text{ L/m}^3$$

Como o ar vai ocupar um volume de 40,0 L/m³ de betão torna-se necessário retirar um volume igual de materiais para que se mantenha a dosagem prevista.

Segundo os cálculos efectuados, o volume a retirar seria:

Volume de água	20,4 l.
Areia — 85,8 kg/2,62	32,7 l.
	53,1 l.

o que traria um défice de 53,1 — 40,0 = = 13,1 l. ao volume de betões.

Poderemos compensar esta diferença reduzindo a quantidade de areia a retirar e a correspondente quantidade de água.

Como estas quantidades estão seleccionadas na proporção $\frac{1{,}5}{8{,}2} = 0{,}18$, ao volume total de 12,1 l correspondem os volumes:

de areia $x = \frac{13{,}1}{1{,}18} = 11{,}10$ l. 29,1 kg

de água 0,18. $x = 2{,}0$

pelo que as quantidades destes materiais a retirar da mistura devem ser:

Areia (ø 2 mm)	32,7 — 11,1 = 21,6 l.
Água	20,4 — 2,1 = 18,4 l.
	40,0 l.

A composição rectificada do betão será:

Betão modificado 6EM₁

Componentes	L/m³	Peso específico	Kg/m³
Cimento	71,0	3,1	220,0
Água	110,0 — 18,4 = 91,6	1,0	91,6
M. inertes			
2 — 150 m/m	649,4	2,6	1.701,4
0 — 2 m/m	169,6 — 21,6 = 148,0	2,6	387,8
Ar	40,0		
Total	1000,0		2.400,8

O total da água reduzida será:

20,4 L/m³

Estas proporções conduziram a um betão de aspecto bastante mais seco do que o de partida.

Um betão clássico com este aspecto não poderia ser compactado por vibração, mas verificou-se que para este, a vibração foi fácil, mais fácil ainda que no betão (6E).

As cargas de rotura, obtidas em ensaios, vão indicadas em conjunto, na tabela I.

B — Para se obter um melhor aspecto do betão à saída da betoneira, decidimos aumentar o teor da água, modificando o coeficiente A/C = 0,41 do betão anterior ($6EM_1$) para A/C = 0,43.

Desta forma conseguiu-se um betão ($6EM_2$) com a composição que se deduz seguidamente:

diferindo em que toda a areia constituinte é da Barca Nova.

Feita a amassadura verificou-se que a plasticidade foi suficiente para permitir uma vibração muito fácil, conquanto o betão se apresentasse mais seco que o anterior. O «slump» foi apenas de 0,5 cm.

Assim, sob o aspecto da *trabalhabilidade* parece-nos já que é possível suprimir a areia de correcção (Tramagal), desde que se empregue a técnica do ar controlado.

Como a granulometria natural apresenta uma relação brita/areia de 2,20, interessar-nos-á sob o ponto de vista económico empregar a maior quantidade de areia possível.

Betão modificado $6M_2$

Componentes	L/m³	Peso específico	kg/m³
Cimento	71,0	3,1	220,0
Água	94,5	1,0	94,5
Ar	40,0		
	205,5		
M. inertes	1000,0 − 205,5 = 794,5	2,62	2 — 150 = 1695,2 2.081,6 0 — 2 = 386,4
Total	1000,0		2.396,1

Neste betão ainda se empregou areia de correcção do Tramagal.

Verificou-se que este betão se apresentava com melhor aspecto do que o anterior ($6EM_1$), mas ainda um pouco seco. O «slump» determinado foi de 1 cm. A vibração foi muito fàcilmente feita.

C) — Experimentemos a seguir utilizar sòmente areia da Barca Nova, dispensando totalmente a areia de correcção do Tramagal.

A composição do betão assim obtido ($6EM_3$) é a mesma do betão anterior, só

Partindo da hipótese que o melhor betão clássico exige a correcção da relação brita/areia de 2,20 para 3,00, empregando areia fina do Tramagal, interessar-nos-á ver qual o comportamento do betão, com essa mesma relação, quando se deixa de corrigir a areia da Barca Nova e se aplica o ar controlado. Com essé fim estudamos mais os betões seguintes:

D) — Betão ($6EM_4$) cuja composição se deduz do betão de partida (6E), da relação b/a = 3,00, não corrigindo a granulometria com areia do Tramagal, mas empregando uma relação A/C = 0,43.

Betão modificado $6EM_4$

Elementos	L/m³	Peso específico	Kg/m³
Cimento	71,0	3,1	220,0
Água	94,6	1,0	94,6
Ar	40,0		
	205,6		
M. inertes	1000,0 − 205,6 = 7944,0	2,62	2 — 150 = 1650,5 2.081,2 0 — 2 = 430,8
Total	1000,0		2.395,9

Este betão apresentou-se muito seco, tendo-se desagregado o cone do «slump». Em todo o caso a compactação por vibração pôde ser feita.

E) — Com o objectivo de aumentar a plasticidade, decidimos experimentar uma relação A/C = 0,46, caso que corresponde ao último ensaio desta série, com um betão ($6EM_5$) cuja composição se deduz do betão de partida (6E) de relação b/a = 3,00, não corrigindo a granulometria com areia do Tramagal, mas empregando ar controlado e empregando uma relação A/C = 0,46.

Betão modificado $6EM_5$

Elementos	L/m³	Peso específico	Kg/m³
Cimento	71,0	3,1	220,0
Água	220, × 0,46 = 101,2	1,0	110,2
Ar	40,0	—	
	212,2		
M. inertes	787,9	2,62	2 — 150 mm = 1,636,8 2,064,0 0 — 2 mm = 427,2
Total	1000,0		2,394,2

Este betão apresenta um óptimo aspecto. O ensaio de «slump» deu um abaixamento de 1,6 cm. A compactação fez-se em boas condições e verificou-se que se poderia reduzir a água no Laboratório, embora para a obra pareça em boas condições.

Considerando que este betão pelo aspecto se deve aproximar da composição mais conveniente, fizemos dele um maior número de provetes.

Os resultados obtidos no conjunto dos ensaios serão dados no quadro da página seguinte.

Conclusões dos ensaios

As observações feitas durante os ensaios e a comparação dos resultados obtidos, permitem concluir que para os betões com ar controlado:

1) — É possível, do ponto de vista da trabalhabilidade do betão, dispensar a utilização de areia fina do Tramagal para corrigir a areia da Barca Nova, no caso da relação brita/areia ser pelo menos igual a 3,0. Parece-nos que, com maioria de razão se dispensará a correcção quando a relação diminuir.

2) — Não é necessário aumentar a relação brita/areia correspondente ao betão clássico de partida, para se obterem resistências comparáveis às deste.

3) — A retenção de ar no betão não provoca necessàriamente abaixamento da resistência à compressão; ao contrário, pôde obter-se um betão 6 EM_5 de características de trabalhabilidade que o recomendam para a aplicação em obra, com um aumento de 12 % desta resistência, relativamente ao betão clássico de partida.

Assim a técnica do ar controlado como novo constituinte do betão, pode encarar-se como um importante factor de economia, por permitir, ao menos em certos casos, dispensar correcções das areias, necessidade que de uma maneira geral as encarece. É evidente que haverá sempre que comparar o custo de areia de correcção com o do agente de retenção do ar.

Aplicável sobretudo a betões de fraca dosagem de cimento, e garantindo vantagens na resistência à acção de agentes exteriores, o ar controlado parece especialmente recomendado para o caso de betões de barragens.

Nos E. U. A., usam-na também em betões de pavimentos de estradas e aeródromos.

A aplicação desta técnica ao betão armado, também preconizada, levanta entretanto o problema da aderência às armaduras que, parece, resulta diminuída.

Este é um outro tópico a desenvolver no estudo do betão com ar controlado.

Característica dos betões e resultados dos ensaios

(dosagem comum de C = 220,0 kg/m³)

Série	A/C	b a	Areia		Aspecto	Ar controlado	R. à compressão Kg/cm²	
			B. Nova	Tramagal			7 dias	28 dias
6E	0,50	3,00	+	+	pouco seco	—	119,1	177,6
$6EM_1$	0,42	3,63	+	+	bastante seco	4 %	162,8	—
$6EM_2$	0,43	3,63	+	+	seco	4 %	142,2	198,3
$6EM_3$	0,43	3,63	+	+	seco	4 %	141,3	206,7
$6EM_4$	0,43	3,00	+	—	pouco seco	4 %	181,9	226,9
$6EM_5$	0,46	3,00	+	—	bom	4 %	144,9	199,3

A EXPOSIÇÃO DE OBRAS PÚBLICAS

Com o intuito de tornar pública a actividade que os engenheiros e demais técnicos portugueses têm desenvolvido nestes últimos tempos em prol da valorização da terra portuguesa, S. Ex.ª o Ministro das Obras Públicas achou por bem levar a cabo a efectivação de uma grande exposição onde essa actividade pudesse ser vista e apreciada por todos, e de Congressos de Engenharia e Arquitectura onde os próprios obreiros da grande obra que é o nosso renascimento técnico, pudessem tomar uma melhor consciência do que se fez e, pelo intercâmbio das suas ideias, assentassem as bases do muito que há ainda por fazer.

A «Técnica», como revista dos alunos de uma grande escola de engenheiros, não podia nem queria de modo algum deixar passar estas realizações sem inserir nas suas colunas algo que mostrasse uma vez mais o interesse que lhe merece todos os empreendimentos e actividades que de alguma sorte se liguem com os problemas técnicos nacionais. Assim, deixando para outra ocasião a publicação de algumas notícias respeitantes aos Congressos de Engenharia e Arquitectura, vai este mês dedicar algumas páginas à Grande Exposição de Obras Públicas que se está realizando no recinto do I. S. T. e que ocupa além de diversos pavilhões da nossa escola ainda 2 outros propositadamente construídos para esse fim.

* * *

A Grande Exposição, que teve a sua inauguração sob a presidência de honra do Chefe de Estado, no passado dia 28 de Maio, compõe-se de três desenvolvidas secções:

Comunicações
Hidráulica
Urbanização

onde, por meio de painéis, mapas, plantas, gráficos, maquetas e fotografias se procura dar uma imagem tão completa quanto possível das realizações que se têm levado a cabo nestes três grandes ramos de actividade.

ILUMINAÇÃO DO PAVILHÃO CENTRAL

Devido à multiplicidade de assuntos que cada uma destas secções engloba, foi cada uma delas por sua vez dividida em várias sub-secções conforme passamos a enumerar:

Comunicações

Esta secção encontra-se instalada num dos pavilhões propositadamente construídos para a exposição nos terrenos a oeste do edifício central e procura-se com ela mostrar numa rápida síntese o desenvolvimento a que chegámos não só no campo de transportes e circulação, como também nos meios de transmissão a distância de toda a espécie de notícias, informações ou pensamentos.

Compõem esta secção as seguintes sub-secções:

1 — Administração Geral dos Correios e Telégrafos

JUNTA AUTÓNOMA DAS ESTRADAS

DIRECÇÃO GERAL DOS SERVIÇOS DE VIAÇÃO

2 — Junta Autónoma das Estradas — Direcção Geral dos Serviços de Viação

3 — Direcção Geral dos Caminhos de Ferro

4 — Direcção Geral da Aeronáutica Civil

5 — Obras Públicas no Turismo

Principais realizações apresentadas

Expansão da rede telefónica nacional com automatização das instalações telefónicas, Nova Central Telefónica de Lisbca e outros edifícios dos C. T. T.

Plano Rodoviário do País, Estrada Marginal do Douro, Estradas dos Açores e Madeira, Auto-Estrada, Ponte da Trofa, Ponte de «Salazar» (Foz do Dão), Viaduto «Duarte Pacheco», Ponte de Angeja, Ponte de Sacavém, etc.[1]

Oficinas Gerais do Barreiro, Ponte do Rio Tâmega, Ponte da Quinta Nova, Ponte da Ribeira de Fronteira, Ponte da Pala, etc.

Aeroporto de Lisboa, Aeroporto de Ponte, Aeroporto da Ilha do Sal, etc.

Pousadas de Turismo de S. Gonçalo (Marão), S. Martinho do Porto (Alfeizerão), S. Lourenço (Serra da Estrela), etc.

Anexo ao Pavilhão de Comunicações encontram-se expostas a locomotiva D. Luís construída na cidade de Manchester em 1862 e duas carruagens de Mala Posta que são hoje pertença do Museu dos Correios.

OBRAS DE HIDRÁULICA AGRÍCOLA

OBRAS DA BASE NAVAL DE LISBOA

Hidráulica

No outro pavilhão propositadamente construído para a exposição, encontra-se ins-

talada a secção de Hidráulica onde se pretende dar sucintamente uma visão das obras realizadas nos aproveitamentos hidro-agrícola e hidro-eléctrico dos nossos rios e na construção e beneficiação de portos.

Sub-secções em que se divide esta secção:

4 — Comissão das Obras da Base Naval de Lisboa

Principais realizações apresentadas:

Portos de pesca, Doca de Pedroços, Doca do Alfeite, Aeroporto Marítimo de Lisboa, Muro Cais de St.ª Apolónia; Cobertura do

UM ASPECTO DA SALA DA C. M. L.

OUTRO ASPECTO DA MESMA SALA

1 — Junta Autónoma das Obras de Hidráulica Agrícola
2 — Administração Geral do Porto de Lisboa
3 — Direcção Geral dos Serviços Hidráulicos

Caneiro de Alcântara, Regularização da margem direita do Tejo entre Poço do Bispo e Matinha e regularização da margem esquerda do Tejo entre Cacilhas e Alfeite; Estação Marítima da Rocha de Conde de Óbidos, Portos de Viana do Castelo, Lei-

xões, Peniche, Setúbal, Funchal, etc.; Estação Naval do Alfeite e Centro de Aviação Marítima do Montijo.

Em anexo acham-se expostos modelos reduzidos de obras de aproveitamento hidro-agrícola como as barragens do Vale de Gaio, Presidente Carmona (Idanha), Salazar (Pego do Altar), além de um trecho da rega da Veiga de Chaves, bem como de obras de aproveitamento hidro-eléctrico: barragens de Pracana, Belver, Castelo do Bode, etc.

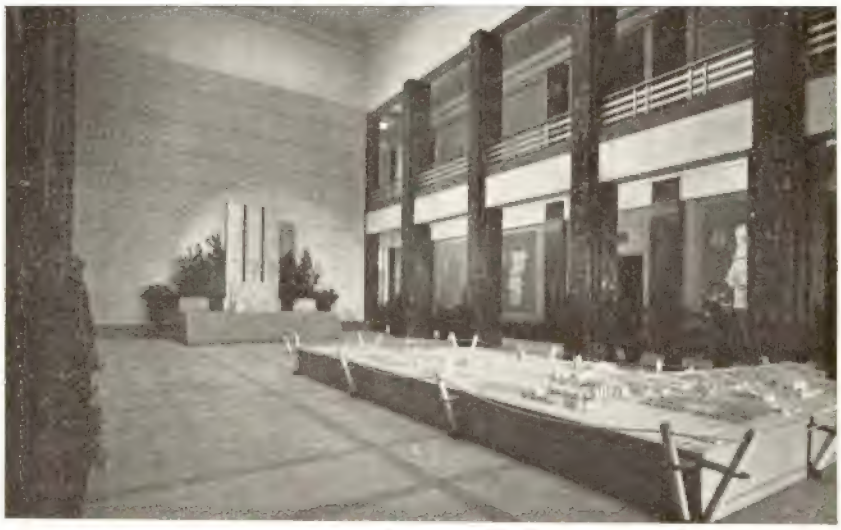
Urbanização

Nos pavilhões da Associação dos Estudantes e das Oficinas foi instalada a Secção de Urbanização onde se acham reunidos interessantíssimos dados das seguintes sub-secções:

1 — Comissão de Fiscalização de Levantamentos Topográficos Urbanos
2 — Direcção Geral dos Serviços de Urbanização

O PROBLEMA DA HABITAÇÃO

UM TIPO DE CASA ECONOMICA



PROJECTO DO MONUMENTO A DUARTE PACHECO

E

MAQUETA DA EXPOSIÇÃO DO MUNDO PORTUGUÊS

3 — Gabinete do Plano de Urbanização da Costa do Sol
4 — Comissão Administrativa das Obras do Estádio Nacional
5 — Águas de Lisboa
6 — O Problema da Habitação
7 — Edifícios e Monumentos

Principais realizações apresentadas

Urbanização das cidades de Lisboa, Porto, Coimbra, etc.; Igrejas e Seminários; Bairros Económicos, Casa de Pescadores, Edifícios para Colónias de Férias; Mercados e Matadouros, Estádios e Campos de Jogos; Parques Florestais, etc.

Edifícios vários: Instalações para o Exército, Guardas Nacional Republicana e Fiscal, Cadeias, Instituto Nacional de Estatística, Casa da Moeda, Instituto Português de Oncologia, Hospital Escolar de Lisboa e do Porto, Leprosaria Nacional de Rovisco Pais, Cidade Universitária de Coimbra, Liceus e Escolas Técnicas, etc.

Pavilhão Central

No Pavilhão Central, que constitui o Salão Nobre da Exposição, encontram-se:

Um átrio de Honra onde se destacam as estátuas de Sua Excelência o Senhor Presidente da República e de Sua Excelência o Senhor Presidente do Conselho, o projecto do monumento ao grande estadista e engenheiro que foi Duarte Pacheco e a maqueta da Grande Exposição do Mundo Português, uma das maiores realizações do saudoso Ministro.

Uma sala retrospectiva onde se expõe avultado número de desenhos e manuscritos da actividade desenvolvida noutros tempos pelos arquitectos e engenheiros portugueses ao serviço de Portugal, sendo os documentos mais antigos do século XVI.

BIBLIOTECA

PUBLICAÇÕES

Todas as publicações aqui indicadas, são pertença da Biblioteca da A. E. I. S. T. e podem ser consultadas a partir desta data.

C. D. 92:51/53

Lord Kelvin, phisicist mathematician engineer
YOUG, A. P.
The British Council
1948 — Págs. 41

C. D. 92:51 53

James Clerk Maxwell, a mathematical phisicist of the nineteenth century
SMITH ROSE, R. L.
The British Council
1948 — Págs. 34

REVISTAS

	C. D.	
Aeroplane (The), n.os 1932 a 1936	629.13	Inglaterra
Aircraft Engineering, n.os 232 a 233	629.13	Inglaterra
Alfa, n.º 43	62/69	Espanha
Análise n.º 13	62/69:53:54	Portugal
Arcos, nº 107	621.79	Bélgica
Arquitecto Constructor (El), n.os 674, 675	72	Argentina
Arquitectura, n.º 22	72	Portugal
Boletim da Comissão de Fiscalização das Aguas de Lisboa, Maio (1948)	626	Portugal
Boletim da Junta Nacional da Cortiça, n.º 115	679	Portugal
Brotéria, Fascículo 6 (1948)	1:2:3 7:8	Portugal
Bulletin du Congrès des Chemins de Fer, n.º 7, 1948	385(05)	Bélgica
Bulletin Oerlinkon, n.º 268	621 3	Suíça
Cemento y Hormigón, n.os 170, 171	666.9:624	Espanha
Chronique des Mines Coloniales (La), n.º 143	622	França
Ciencia y Tecnica, n.º 552, 553	62 69	Argentina
Dyna, n.º 5, 1948	62 69	Espanha
Electrical Communication, n.º 3, (1947)	621.3	Inglaterra
Engenheiro Westinghouse (O), Julho, 1948	621.3	E. U. A
Gazeta dos Caminhos de Ferro, n.os 1453 e 1454	385	Portugal
Gazeta de Matemática, n.º 36	51	Portugal
Gil Vicente, n.os 5, 6 (1948)	1:2:3:7:8	Portugal
Indústria Portuguesa, n.º 243	62/69	Portugal
Informaciones Iram, n.os 3, 4, 1948	389 6	Argentina
Ingenieria (La), n.os 879, 880, 881	62	Argentina
Ossature Metalique, n.os 7-8 1948	624.014	Bélgica
Revista de Artilharia, n.º 276	623	Portugal
Revista do Clube de Engenharia, n.º 139	62 69	Brasil
Revista Municipal de Engenharia, n.º 1 (1948)	62 69	Brasil
Revista das Obras Publicas, n.os 2798, 2799	624/628	Espanha
Revista da Ordem dos Engenheiros, n.º 53	62	Portugal
Revue Brown Boveri, n.os 4, 5 (1947), n.º 10-11 (1947)	621.3	Suíça
Revue Technique Philips, n.º 3 (1947)	621.3	Holanda
Seara Nova, n.os 1089 a 1090	3:7:81(07)	Portugal
Suissa Tecnica, n.º 1, 1948	62 69	Suíça
Técnica Metalurgica, n.os 29, 30	62 69	Espanha

FICHEIRO

Sob esta rubrica, figuram só as fichas dos artigos que nos mereceram maior atenção e estão contidos nas revistas recebidas nesta Biblioteca.

Direito

C. D. 328

Responsabilidad extracontractual del Estado, etc. — *Spota, A. G.*

Ciencia y Técnica, vol. III, n.º 553, 1948, págs. 41/62.

El Estado moderno asume de más en más actividades industriales y mercantiles que hasta ahora estaban libradas a la iniciativa privada. Cuando el Estado realiza esas nuevas tareas constituyendo un monopolio de derecho, se plantea el problema de si asiste a los industriales, a las empresas mercantiles, etc., impedidos de ejercer su anterior actividad lícita, una acción indemnizatoria.

Se considera esta cuestión a través de un fallo dictado por el más alto tribunal uruguayo, que ha dado una respuesta afirmativa: el industrial tiene derecho a ser indemnizado del daño cierto, serio, particularizado, no hipotético, determinable. Además se investiga cuál es el fundamento de la acción resarcitoria, tanto en el derecho público argentino como en el derecho comparado, con motivo de esos monopolios legales que se crean con un fin prevalecientemente fiscal.

Aerodinamica

C. D. 533.:09

Problemas del movimiento de flúidos compresibles — *Kármán, T. von.*

Ciencia y Técnica, vol. III, n.º 553, 1948, págs. 1/26.

Este artículo se refiere a los problemas que intervienen en el movimiento de los flúidos, en aquellos casos en que no es posible prescindir de la compresibilidad y que aparecen en el diseño de turbinas a gas y a vapor, compresores, hélices, motores de chorro, aviones de alta velocidad y especialmente al movimiento de proyectiles en el aire.

Termodinâmica

C. D. 536.04

Torres de enfriamiento — *Rados, J. M.*

Ciencia y Técnica, vol. III, n.º 553, 1948, págs. 27/40.

Se esboza en este primer capítulo las nociones de psicrometría, transmisión de calor y difusión necesarias para el entendimiento de los procesos físicos que tienem lugar en las torres de enfriamiento.

Elasticidade. Cálculo de estruturas

C. D. 539.3

Explicacion de dos paradojas elasticas — *Toyer, José Marin*, Ing. de Camiños.

Revista de Obras Públicas, 1948, n.º 2798, págs. 263/268.

Redes

C. D. 621.316 26 (494)

La sous-station de Kappelerhof des Services électriqnes argoviens, modèle d'instalation sans huile — *Bossi, H.*

Revue Brown Boveri, 1948, n.os 10/11, págs. 215/221.

C. D. 621.316.728

Réglage destiné à égaliser la puissance d'un moteur asynchrone dont le charge subit de forts à-coups — *Rauhut, P.*

Revue Brown Boveri, 1947, n.os 10/11, págs. 191/199.

C. D. 621.316.99

Quelques considerations sur la mise à la terre directe des reseaux à suayenne tension — *Gastel, A. van.*

Revue Brown Boveri, 1948, n.os 10/11, pág. 209.

Tracção eléctrica

C. D. 621.33.024

Tracção a corrente contínua, carros eléctricos, troleibuses e instalações de rectificadores.

Suíça Técnica, 1948, n.º 1, págs. 31/34.

C. D 621.331 (494)

Renovação e modernização dos caminhos de ferro de montanha na Suíça — *Hugentobler, Ed.*

Suíça Técnica, 1948, n.º 1, págs. 28/30.

C. D. 621.335.2 (494)

O novo desenvolvimento dos veículos motores sobre carris na Suíça — *Hurmann, O.*

Suíça Técnica, 1948, n.º 1, págs. 11/27.

PARAR É MORRER ATÉ PARA AS MÁQUINAS

Uma máquina parada, abandonada, acabará por encher-se de ferrugem, se não for convenientemente protegida. Mas até com a máquina a funcionar, pode a acção oxidante do ar corroer-lhe certas peças, inconveniente pouco importante ao princípio, mas que em breve se pode tranformar em causa de paragem forçada.

Os produtos anti-ferrugem S/V SOVA-KOTE, da Socony-Vacuum, satisfazem a todas as exigências contra a oxidação das superfícies metálicas expostas.

Consulte V. Ex.ª qualquer dos nossos escritórios, que sem qualquer dispêndio da sua parte, receberá a visita de um dos técnicos da Socony-Vacuum, que lhe dará todos os esclarecimentos.

SOCONY-VACUUM

S/V SOVA-KOTE

PRODUTOS ANTI-FERRUGEM

2172

SOCONY-VACUUM OIL COMPANY, INC.

Telecomunicações

C. D. 621.39

Los recientes progressos de la técnica de las telecomunicaciones — *Gibson, General.*

Da Ingenieria, 1948, n.º 879, págs. 27/39.

Motores térmicos

C. D. 621.438 (494)

Alguns aspectos da indústria das turbinas a gás na Suíça — *Colombi, Prof. C.*

Suíça Técnica, 1948, n.º 1, págs. 35/46.

C. D. 621.438 (43)

Turbines à gaz pour traction.

Bulletin du Congrès des Chemins de Fer, 1948, n.º 4, pág. 254.

Betão

C. D. 624.012.3:625.7

Pavimentos de hormigon vibrado — *Sierra, Luis, Ing. de Camiños.*

Revista de Obras Públicas, 1948, n.º 2798, pág. 252/259.

Este interessante artigo dá-nes conta dos resultados obtidos num ensaio realizado sob o controle da Comisión de Revestimientos de Hormigón num tramo da estrada Ajalvir a Vicálvaro.

Pontes

C. D. 624.2:624.014

Le pont de Honerah à Calcutta.

L'Ossature Metalique, 1948, n.º 7/8, págs. 309/316.

Motores

C. D. 621.438(43)

Turbines à gaz pour traction.

Bulletin du Congrès des Chemins de Fer, 1948, n.º 4, pág. 254.

Caminhos de Ferro

C. D. 625.15

Railway points and crossings. Theory and practice — *N. H. Courpalais.*

Bulletin du Congrès des Chemins de Fer, 3-948, n.º 3, pág. 195.

C. D. 625.274

Tractores de manobras para os Caminhos de Ferro do Estado — *Eng.º Rogério Vasco Ramalho.*

Revista da Ordem dos Engenheiros, 1948, n.º 51, págs. 117/129.

Portos

C. D. 627.2

Muelles y duques de alba — *Simonti, A.*

Ciencia y Técnica, vol. 110, n.º 550, 1948, págs. 218/231.

Trata el presente artículo del cálculo de los elementos de amarre para embarcaciones, constituídos por superestructuras sostenidas por pilotes.

La incertidumbre que presenta el problema, hace que su resolución tenga el carácter de simple aproximación.

Las fórmulas básicas utilizadas son conocidas, pero la modalidad empleada en el presente estudio difiere de la seguida en otras publicaciones aparecidas sobre el mismo tema.

C. D. 627.2

Corrientes y oscilaciones de resacas en el interior de los puertos — *Cavaniles, R. I. e Olano, C. N., Ing. de Camions.*

Revista de Obras Públicas, 4-948, n.º 2796, págs. 150/157.

Mecânica dos solos

C D. 621.842.627.8.29.539.3

Un appareil pour mesurer les déformations de tunnels et pour déterminer l'elasticité de la roche.

Revue Technique Sulzer, 1947, n.º 3/4, págs. 17/23.

Urbanização

C. D. 71

Plano de urbanização Para Maceió, capital do Estado de Alagoas — Brasil.

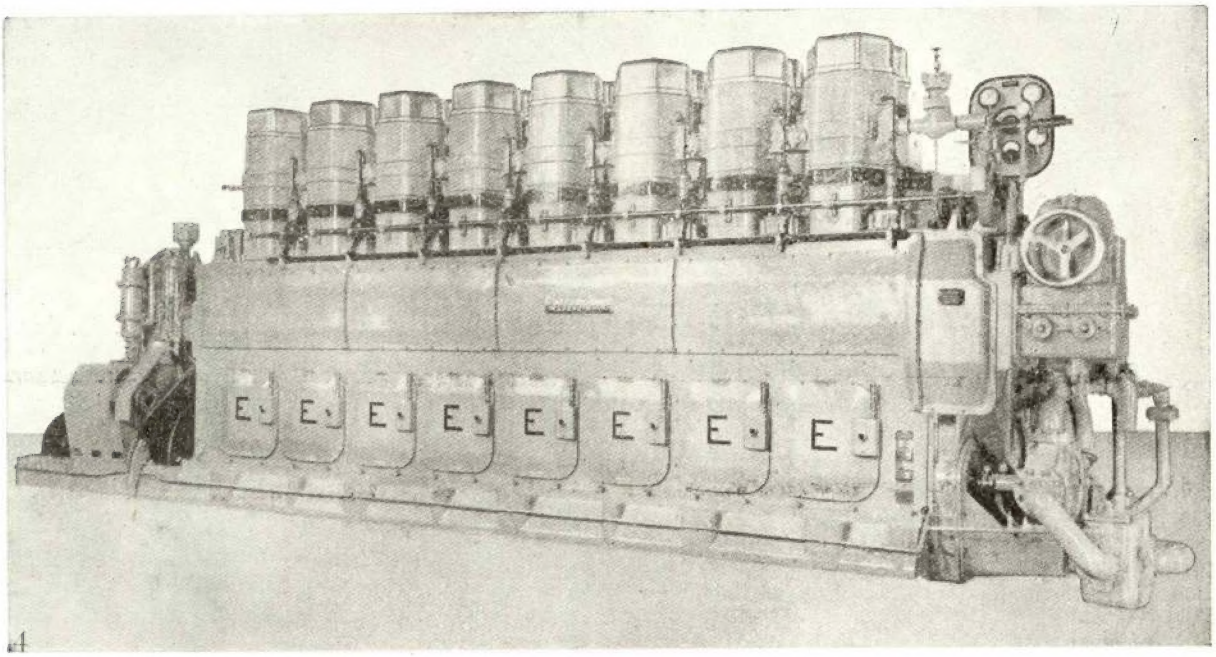
P. D. F. Revista Municipal de Engenharia, 10-947, vol. XIV, n. 4, págs. 209/211.

Publicam secções de bibliografia técnica as seguintes revistas recebidas na nossa Biblioteca:

CIENCIA Y TECNICA
REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS
DYNA
CEMENTO Y HORMIGON
REVISTA DA ORDEM DOS ENGENHEIROS
ALFA

ENTERPRISE

ENGINE & FOUNDRY COMPANY — U. S. A.



MOTORES DIESEL MARÍTIMOS — MOTORES DIESEL ESTACIONÁRIOS

GRUPOS DIESEL-GERADOR

45 a 2100 HP — **200 a 850 RPM** — **3 a 8 cilindros**

- Bloco de cilindros fundido numa só peça.
- Base fundida numa só peça.
- Camisas em contacto directo com a água.
- Cabeças de cilindro individuais.
- Cambota em aço forjado.
- Tirantes em aço forjado, Tipo marítimo.
- Bombas de injecção individuais.
- Válvulas em aço « SILICHROME »
- Lubrificação forçada.
- Balanceiros com sistema hidráulico para eleminação de folga.
- Válvula de arranque em todos os cilindros.
- Com ou sem sobre-alimentação.

CONSTRUÇÃO ROBUSTA — SERVIÇO CONTÍNUO — ECONOMIA

REPRESENTANTES:

• TERMO-MECANICA •

LIMITADA

RUA ANDRADE CORVO, 3-C — **LISBOA**